



Guía de **Silvicultura** para Bosques Tropicales de Bolivia



BOLFOR

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible
Financiado por el SIDA y PL 486
en cooperación con el MIREP



Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia

Todd Frederickson

Freddy Contreras

William Pariona

Santa Cruz, 2001



Copyright©2001 by
Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)

Las opiniones y juicios técnicos expresados en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión o políticas de la Secretaría Ejecutiva del PL480 o de USAID

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla # 6204
Santa Cruz, Bolivia
Fax: 591-33-480854
Tel: 3480766-3480767-3487463-3487465
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Citación: Fredericksen, Todd; Contreras, Freddy; Pariona, William. 2001. "Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia". Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia

DISEÑO Y EDICIÓN GRÁFICA: DELICIA GUTIERREZ

Para la reproducción íntegra o en parte de esta publicación se debe solicitar autorización al Proyecto BOLFOR.

Impreso en Editora El País
Dirección: Cronembold No. 6
Teléfono 343996
Santa Cruz, Bolivia

Impreso en Bolivia - Printed in Bolivia

BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y PL480 en convenio con MDSP

INDICE

CAPITULO 1	INTRODUCCION.....	1
	Definiciones Generales.....	3
CAPITULO 2	CONSIDERACIONES SOBRE SILVICULTURA CITADAS EN LA LEY FORESTAL, EL REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL Y LAS NORMAS TECNICAS	5
	Consideraciones Citadas en la Ley Forestal.....	5
	Consideraciones Citadas en el Reglamento de la Ley.....	6
	Consideraciones Citadas en las Normas Técnicas.....	8
	Sistema de Manejo Forestal Boliviano.....	10
CAPITULO 3	BASES ECOLOGICAS PARA LA SILVICULTURA.....	11
	Ciclo Vital de los Arboles.....	11
	Gremios Ecológicos.....	14
	La Formación de Claros y la Dinámica del Bosque.....	18
	Ecología de la Regeneración.....	21
	Dispersión de Semillas y Longevidad.....	25
	Regeneración Mediante Semillas y Mediante Rebrotos.....	26
	Aplicaciones para Arboles Semilleros.....	27
CAPITULO 4	APROVECHAMIENTO FORESTAL.....	33
	Análisis de los Diámetros Mínimos de Corta (DMC).....	33
	Como Determinar el Diámetro Mínimo de Corta.....	35
	Herramientas para Establecer un Cosecha Sostenible.....	39
	<i>Ley de Liocourt</i>	39
	<i>Tasa de Incremento Corriente (TIC)</i>	41
	<i>Tiempos de Paso</i>	44
	Selección de Arboles para la Corta y Semilleros.....	45
	<i>Intensidad del Aprovechamiento</i>	45
	<i>Características de un árbol semillero</i>	45
	<i>Selección de los sistemas de aprovechamiento</i>	46
	<i>Selección de árboles individuales</i>	48
	<i>Selección en grupos</i>	49
	<i>Corte en fajas</i>	50
CAPITULO 5	ESTABLECIMIENTO DE LA REGENERACION.....	51
	Preparación de Sitio.....	53
	Métodos de Preparación de Sitio.....	54
	Liberación de la Regeneración en Claros.....	59
	Enriquecimiento con Plántulas y Siembra Directa.....	61
CAPITULO 6	TRATAMIENTO DE RODALES.....	63
	Liberación.....	64
	Corta de Plantas Treparadoras.....	70
	Mejoramiento (Refinamiento)	71
	Rescate.....	71
	Preparación para el Aprovechamiento.....	72
CAPITULO 7	CONCLUSIONES.....	73
ANEXOS	1: ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL.....	75
	2: METODOLOGIA PARALA DETERMINACION DEL TIEMPO DE PASO.....	77

1 INTRODUCCION

La silvicultura es interpretada de varias formas, pero el concepto más utilizado es: “la práctica de controlar el establecimiento, la composición y el crecimiento de los bosques”. Una definición, más sucinta, indica que la silvicultura es “la ecología forestal aplicada”. La silvicultura comprende el aprovechamiento (generalmente denominado “primer tratamiento silvicultural”), los tratamientos culturales adicionales para la mejora de la regeneración o el control de composición de especies, calidad de árboles y crecimiento; y los tratamientos enfocados en la protección de bosque del ataque de plagas, patógenos y desastres naturales.

La implementación de prácticas silviculturales en los bosques tropicales enfrenta ciertos obstáculos. En la mayoría de los países tropicales, aún existe una marcada tendencia a la extracción altamente selectiva, en vez del manejo, entre los propietarios y concesionarios de bosques. Esto debido a que, desde el punto de vista económico, es mucho más fácil aprovechar los árboles de mayor valor comercial de la manera más rápida posible, sin considerar el daño al bosque residual o las repercusiones

para el futuro crecimiento y la regeneración de los árboles no aprovechados. A causa de las altas tasas de interés y la inseguridad en la tenencia de la tierra, los propietarios generalmente no están dispuestos a invertir en tratamientos silviculturales, cuyos beneficios no se harán realidad en décadas. No obstante, si se espera manejar los bosques adecuadamente y que éstos produzcan madera de forma sostenible, es necesario garantizar la regeneración de las especies comerciales y mantener la calidad de los rodales. Se requiere investigación a fin de establecer sistemas silviculturales económicos y efectivos, para su aplicación por parte de concesionarios y propietarios. Asimismo, los gobiernos deberán proporcionar incentivos para la inversión en manejo forestal, hacer cumplir las leyes que prohíben las prácticas irracionales de extracción y brindar iniciativas para la restauración de bosques degradados por el mal uso del recurso.

Fines de la Silvicultura

- Inducir la regeneración natural
- Aumentar la tasa de crecimiento
- Disminuir la mortalidad
- Aumentar la abundancia de árboles valiosos
- Mejorar la forma de los fustes
- Aumentar la producción forestal

Existe una bibliografía considerable sobre el tema de silvicultura general, la cual incluye libros sobre silvicultura de bosques tropicales. Sin embargo, pocos de estos libros han sido traducidos al Castellano. Una de las excepciones es el libro “Silvicultura Tropical” de Hans Lamprecht. En Bolivia, el número de textos de referencia sobre silvicultura es limitado y, en su mayoría, éstos se circunscriben al tema de plantaciones forestales. No obstante, gran parte de los bosques tropicales del país están sujetos a manejo. En general, estos bosques se han aprovechado con un enfoque extractivo, sin prestar atención a la sostenibilidad y sin ninguna inversión en tratamientos silviculturales aparte del aprovechamiento. Con la promulgación de la nueva ley forestal y el inicio del movimiento de certificación forestal en Bolivia, se está dando una mayor atención a la silvicultura en el país.

El concepto de este libro se originó a partir de una serie de cursos dictados en distintos lugares de Bolivia sobre el tema de manejo de bosques naturales. Dichos cursos fueron organizados por el Proyecto BOLFOP, en cooperación con las escuelas técnicas y facultades de ingeniería forestal de Cochabamba, Santa Cruz, Riberalta y Tarija, además de organizaciones como el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) y empresas forestales como La Chonta. El objetivo de los cursos fue ofrecer conocimientos básicos de teoría de la silvicultura a estudiantes y profesionales forestales, con especial atención en brindar información práctica sobre las opciones silviculturales para los bosques tropicales del país, junto con ejemplos para su implementación en el ámbito local. Gran parte de esta información proviene de la experiencia obtenida en la investigación silvicultural llevada a cabo en el país durante los últimos siete años. Los cursos también brindaron algunos instrumentos de diagnóstico para evaluar el estado de la regeneración, establecer tratamientos silviculturales y evaluar su grado de implementación.

Este libro pretende ubicar la información esencial presentada en los cursos mencionados dentro del marco de manejo forestal en Bolivia. Dicho marco presenta a la silvicultura como parte de una estrategia, más amplia, de manejo enfocada en lograr el manejo sostenible de los bosques.

En el libro se tratan los siguientes temas: requerimientos legales para la aplicación de la silvicultura y el manejo forestal en Bolivia, bases ecológicas para la silvicultura, sistemas de aprovechamiento, tratamientos para el aumento de la regeneración, tratamientos de control de la composición y calidad del bosque, protección forestal, parcelas permanentes, e instrumentos de diagnóstico para establecer y evaluar tratamientos silviculturales.

DEFINICIONES GENERALES

Silvicultura	Es la práctica de controlar el establecimiento, la composición y crecimiento del bosque.
Manejo forestal	Es la práctica de utilizar los recursos del bosque de manera planificada, a fin de obtener un resultado deseado.
Manejo forestal sostenible	Es el manejo forestal que permite el uso de los recursos del bosque en un grado deseado y a perpetuidad.
Tratamiento silvicultural	Es una acción específica para el control del establecimiento, la composición o el crecimiento del bosque. Ejemplo: aprovechamiento forestal.
Operación	Es una fase de implementación dentro de la aplicación de un tratamiento silvicultural. Ejemplo: arrastre.
Sistema silvicultural	Es una secuencia de tratamientos silviculturales concebida para obtener un resultado deseado o una condición específica del bosque, durante la totalidad de un ciclo de corta o rotación. Ejemplo: corta de bejucos previa al aprovechamiento, aprovechamiento selectivo, liberación de árboles de futura cosecha mediante anillamiento. Este ciclo se repite cada 20-30 años.
Prescripción silvicultural	Es la formulación de un tratamiento silvicultural para un sistema silvicultural en un bosque específico.

2 CONSIDERACIONES SOBRE SILVICULTURA CITADAS EN LA LEY FORESTAL, EL REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL Y LAS NORMAS TÉCNICAS

CONSIDERACIONES CITADAS EN LA LEY FORESTAL

La ley forestal indica que, para que el manejo forestal sea sostenible, éste debe basarse en tres pilares fundamentales: ecológico, económico y social.

Dicha legislación también indica que los planes de manejo pueden establecer un régimen intensivo de manejo, que tenga como prioridad el máximo rendimiento sostenible de recursos maderables comerciales, siempre y cuando las actividades de manejo propuestas no reduzcan irreversiblemente el potencial del bosque para producir madera comercial en el futuro, ni se atente contra lo establecido por el principio precautorio de la ley.

El mencionado principio (en el Artículo 9º de la ley) establece que:

Cuando haya indicios consistentes de que una práctica u omisión en el manejo forestal podrían generar daños graves o irreversibles al ecosistema o cualquiera de sus elementos, los responsables del manejo forestal no pueden dejar de adoptar medidas precautorias tendientes a evitarlos o mitigarlos, ni exonerarse de responsabilidad, invocando la falta de plena certeza científica al respecto o la ausencia de normas y ni aún la autorización concedida por la autoridad competente.

Esto significa que si un profesional forestal observa, por ejemplo, que durante el arrastre de troncos, se está compactando el suelo y se están sedimentando los arroyos cercanos a las pistas de arrastre, éste tiene la obligación de interrumpir la práctica y hacer los ajustes necesarios, sin esperar que la ley o las normas técnicas lo especifiquen o que los funcionarios de la Superintendencia Forestal lo señalen.

Otro aspecto que se destaca en la ley es que los procesos de manejo forestal son graduales, es decir que, día a día, se pueden mejorar tanto las prácticas de manejo como los productos provenientes del bosque. Con respecto a este punto, el texto de la ley señala:

Progresividad en el uso integral del bosque y el valor agregado de los productos (Artículo 10º)

Los titulares de derechos forestales otorgados por el Estado deben procurar avanzar progresivamente hacia el uso integral del bosque, evidenciando esfuerzos consistentes y continuados en tal sentido y reflejándolos en la medida de lo posible en los planes de manejo y sus actualizaciones.

Asimismo, los centros de procesamiento de productos forestales procurarán la diversificación industrial y el incremento del valor agregado de sus productos. La exportación en troncos sólo está permitida en estricta sujeción a las normas reglamentarias, las que especificarán los recursos maderables a ser exportados, bajo pleno cumplimiento de los planes de manejo.

Los responsables del manejo forestal deben incorporar progresivamente las tecnologías ambientalmente más recomendables que estén disponibles en el mercado y sean económicamente accesibles y socialmente benéficas. El Estado promoverá el acceso en términos concesionales a dichas tecnologías.

Un ejemplo de este caso es la revisión periódica de los planes de manejo. Es decir que en dichos planes se cita una serie de supuestos, como el ciclo de corta o el porcentaje de semilleros dejados en el bosque, los que, después de unos años y a partir de la información de parcelas permanentes, podrían modificarse. Esta modificación puede derivar en el aprovechamiento de un menor volumen, para garantizar la productividad del bosque. Otro ejemplo de esta progresividad, es el uso intensivo de tecnologías como el GPS, que se emplea tanto en la planificación como en la evaluación del aprovechamiento, permitiendo, de esta manera, tomar mejores decisiones en el campo.

CONSIDERACIONES CITADAS EN EL REGLAMENTO DE LA LEY

Los artículos del reglamento de la ley forestal aclaran y amplían el contenido de los artículos de la misma. Por ejemplo en el artículo 27º de la ley se enuncia que “el plan de manejo..., es requisito indispensable para el ejercicio legal de las actividades forestales..., y su cumplimiento es obligatorio”. En cambio, en el artículo 69º párrafo b del reglamento de la ley, se citan con gran detalle los aspectos técnicos que debe considerar un plan de manejo.

Asimismo, el mismo artículo 69° del reglamento estipula, con relación a los aspectos silviculturales, lo siguiente:

- El ciclo de corta y/o rotación prevista debe ser lo suficientemente largo para garantizar la sostenibilidad del bosque en función de su capacidad de regeneración natural y de los tratamientos silvi-culturales previstos.
- Los tratamientos silviculturales de los rodales deben ser diseñados y aplicados de manera que se alcancen los rendimientos esperados, promoviéndose la existencia de árboles y rodales de alta calidad y vigor.
- Las prescripciones silviculturales previstas para el manejo de bosques naturales deben buscar mantener en lo posible la diversidad del bosque, tanto en especies como en estructura, así como definir acciones concretas tendientes a la utilización integral y eficiente del bosque y la protección de ecosistemas claves.
- El plan de manejo debe proponer acciones concretas para evitar la extinción de especies forestales aprovechables, la disminución de otras especies vegetales o animales amenazados y la degradación de suelos y ambientes acuáticos.
- Deben establecerse medidas para prevenir y reducir el impacto hacia especies clave para la alimentación de los habitantes del lugar, así como de frugívoros (como el bibosi, azúcaró, paquió, diferentes palmeras y otras), así como árboles huecos en pie o caídos que puedan ser refugio de diferentes animales.
- Debe incluir un sistema de monitoreo de los bosques intervenidos para evaluar su crecimiento, rendimiento y respuesta a los tratamientos silviculturales.

Estas consideraciones abordan aspectos que van desde la planificación de los tratamientos silviculturales hasta el control de los mismos, pero no señalan cómo deben ejecutarse en el campo, puesto que su implementación dependerá de varios factores que pueden estar presentes en un área y no en otra. Además de que estas consideraciones no pretenden ser una “receta” sino una guía para el profesional y el productor forestal, la misma que le sirve al Estado boliviano para fiscalizar y controlar las operaciones planificadas.

CONSIDERACIONES CITADAS EN LAS NORMAS TECNICAS

A diferencia del reglamento, las normas técnicas señalan los procedimientos o pasos a seguir en la planificación y ejecución de las actividades para el logro del manejo forestal sostenible. Estas indican, también, el contenido de los planes de manejo y las características para la elaboración de los mapas.

Por ejemplo la norma técnica 248/98, en el capítulo 3.6.2. expresa lo siguiente:

Discutir y justificar la aplicación de estos DMC con base en el análisis de los resultados del inventario¹, distribuciones diamétricas, gremios ecológicos y las condiciones específicas del sitio. Incluir gráficos de distribuciones diamétricas (número de árboles versus clase diamétrica)

La Superintendencia Forestal podrá determinar mediante estudios o análisis más detallados de distribución diamétrica, abundancia, estado sanitario y madurez tecnológica, los DMC específicos para algunas especies, dependiendo de los casos especiales que puedan darse, pero mientras no se hagan estos estudios se utilizarán los DMC señalados en el Cuadro #1 de la norma técnica.

Las empresas o propietarios interesados podrán también presentar estos estudios más detallados tendientes a justificar la aplicación de DMC menores a los señalados en estas normas.

En ambos casos los estudios serán presentados ante el Viceministerio de Medio Ambiente Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, que deberá pronunciarse en el plazo de 20 días hábiles.

Existe en el país un ejemplo de justificación para bajar el DMC de 40 a 30 cm para el *cuchi* (*Astronium urundeuva*), puesto que la madera de dicha especie es utilizada en dichas dimensiones (30 cm) para la fabricación de postes para el tendido de energía eléctrica en el área rural. En dicha justificación se señalan, además, las estrategias para garantizar la sostenibilidad de la mencionada especie.

¹ En el Anexo 1 se puede encontrar un ejemplo de análisis de los resultados de un inventario forestal. Cabe notar que cuanto mejor es el análisis de los resultados, mejores serán las decisiones que se tomarán en el campo.

En la misma norma técnica, también se presenta un capítulo destinado a aspectos silviculturales. Entre los puntos más importantes de éste se señala:

1. La necesidad de aplicar tratamientos silviculturales dependerá, esencialmente, de las condiciones del bosque y de sus respuestas a las intervenciones de aprovechamiento.
2. Los tratamientos silviculturales a ser aplicados deben estar orientados a mantener y mejorar la masa boscosa remanente, tanto en calidad como en cantidad y así proporcionar los productos del bosque, en este caso madera, en forma sostenible a lo largo del tiempo
3. Todo tratamiento silvicultural aplicado a diferente escala (desde las mínimas hasta las intervenciones más intensivas) debe estar plenamente justificado ecológica y económicamente. Para estos efectos, se deberá realizar un análisis de las características de composición (estructura) del bosque a partir del inventario forestal de reconocimiento y del censo.
4. Cuando se considere necesaria la aplicación de un tratamiento silvicultural en un área específica del bosque que conlleve a mejorar las características (tanto ecológicas como económicas) del bosque, se desarrollará el plan de trabajo correspondiente. Este plan de trabajo debe someterse a consideración de la Superintendencia Forestal para su aprobación o rechazo y debe incluir la justificación técnica detallada para la ejecución del tratamiento propuesto, así como el seguimiento particular a realizarse. Esta justificación debe sustentarse en información específica del sitio donde se aplicará el tratamiento. Las áreas propuestas para tratamiento se deberán ubicar en el Mapa #5 del POAF.
5. Se debe indicar el tipo, la intensidad y las características generales del tratamiento y las restricciones generales de las operaciones.

Los anteriores puntos indican que si no se cuenta con experiencia en cuanto a los costos y los impactos de un determinado tratamiento silvicultural, éste debe ser implementado de manera experimental y en pequeña escala.

SISTEMA DE MANEJO FORESTAL “BOLIVIANO”

El sistema de manejo forestal “Boliviano” es el conjunto de todas las operaciones que se planifican y ejecutan en la práctica, y que están estipuladas en las normas técnicas. El sistema esta constituido por:

- ? Mapeo de áreas de interés
- ? Inventario forestal
- ? Elaboración del Plan General de Manejo Forestal y Mapas
 - Regulación por área y volumen
 - Regulación por diámetros mínimos de corta
 - Especies clave
 - Intensidad de aprovechamiento
 - Corta dirigida
 - Monitoreo después del aprovechamiento
- ? Censo Forestal Comercial
- ? Elaboración del Plan Operativo Anual Forestal (POAF) y Mapas
- ? Implementación del manejo
 - Planificación y replanteo de caminos y pistas de arrastre
 - Planificación y replanteo de los patios de rodeo
 - Corta y despunte
 - Rodeo o arrastre
 - Troceo y saneamiento
 - Transporte
 - Transformación
 - Comercialización

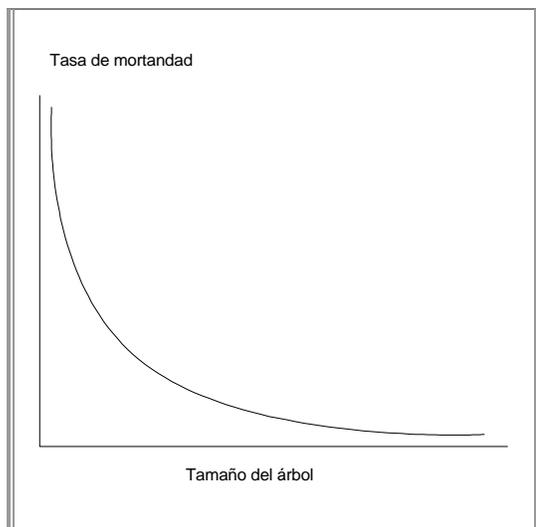
3

BASES ECOLOGICAS PARA LA SILVICULTURA

Como se indicó en el capítulo de introducción, se puede definir la silvicultura como “la ecología forestal aplicada”. En general, existe un vínculo estrecho entre las prácticas silviculturales adecuadas y el buen conocimiento de la autoecología de las especies maderables y la ecología de los bosques. Si los silvicultores no entienden los requerimientos para la regeneración de las especies forestales maderables o las condiciones en que éstas alcanzan su crecimiento óptimo, sólo la suerte permitirá el éxito de sistemas silviculturales aplicados a dichas especies. Cuanto mayor conocimiento tengan los profesionales forestales de la ecología de los bosques, mayor será la eficiencia y rentabilidad de la producción del bosque y menor el daño derivado de las operaciones de manejo forestal.

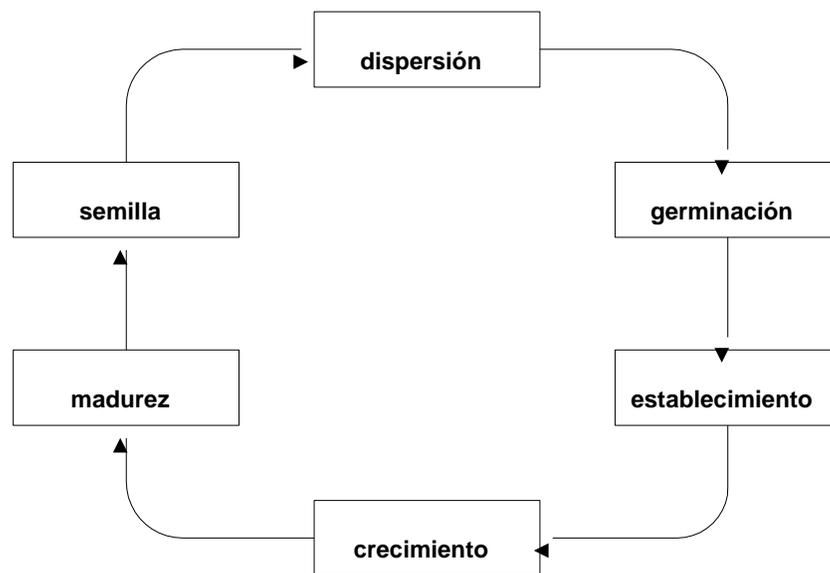
CICLO VITAL DE LOS ARBOLES

Los profesionales forestales deben entender el ciclo entero de vida de un árbol, comenzando con su forma de reproducción, si ésta se produce mediante dispersión de semillas, rebrotes o una combinación de ambos. Será necesario entender el destino de estas unidades reproductivas, incluyendo las tasas de depredación de semillas, de germinación y de supervivencia de plántulas en diferentes condiciones, además de las probabilidades de que la regeneración a partir de rebrotes forme fustes comerciales. También se deberá comprender las condiciones ambientales requeridas, así como las tasas de supervivencia y crecimiento de los árboles durante las fases de brinzal, latizal, fustal y árbol maduro. En general para todas las especies de árboles, las probabilidades de vida aumentan, exponencialmente, con el tamaño. No es necesario que los profesionales forestales mantengan todos los árboles vivos en el bosque, sino, más bien, sólo los árboles que pueden ocupar el espacio disponible para el crecimiento. No es



tarea fácil determinar el número óptimo de árboles que pueden ocupar dicho espacio, en especial debido a que el número varía entre diferentes bosques y puesto que las parcelas de medición que proveen esta información son una novedad en Bolivia.

Cuando un árbol llega a la madurez, generalmente éste forma parte del sub-dosel y puede haber empezado a producir semillas. Es necesario que los profesionales forestales sepan cuándo los árboles comienzan a florecer y producir semillas, cuándo alcanzarán su pico de producción de semillas y cuándo la producción de éstas comenzará a declinar. Será necesario equiparar dicha información con los datos sobre la edad óptima para el aprovechamiento, sobre la base de los usos previstos de la madera u otros productos derivados de los árboles. Cuando la tasa de crecimiento de los árboles comienza a disminuir, generalmente es tiempo de proceder a su aprovechamiento, puesto que las bajas tasas de producción de madera no justifican el espacio ocupado por éstos.



El período que se extiende desde la germinación de la semilla hasta que el árbol alcanza el tamaño de brinjal se denomina fase de establecimiento, ya que, durante ésta, la plántula desarrolla sus raíces, tallos y hojas iniciales, los cuales le permitirán sobrevivir en el sitio hasta alcanzar la madurez. Esta es la fase más delicada del ciclo de vida de un árbol, pues tiene pocas hojas para producir carbono, cuenta con pocas reservas de carbohidratos para sobrevivir períodos de condiciones ambientales extremas y tiene un sistema radicular poco

profundo propenso a la deshidratación y la caída causada por el viento. Las plantas jóvenes son el alimento preferido de muchos herbívoros, lo que aumenta la vulnerabilidad de los árboles durante la fase de establecimiento. Asimismo, las plántulas mueren fácilmente en los incendios, debido a que su delgada corteza no las aísla del calor.

FASES DE UN SISTEMA SILVICULTURAL Y OPERACIONES INVOLUCRADAS

Fase	Tratamientos
1. Regeneración (Fase de establecimiento)	Promueve la regeneración natural con preparación del sitio Enriquecimiento Siembra de semillas al voleo
2. Fase Cultural	Control de competencia Raleo
3. Aprovechamiento	Tratamientos para reducir impactos Aprovechamiento Arboles semilleros

Una vez que los árboles se establecen, éstos adquieren mayor resistencia a la sequía y otros riesgos ambientales. Sin embargo, aún deben competir por la luz con otras plantas. Esta competencia puede causar mortandad o disminución del crecimiento. Esta fase continúa hasta que el árbol muere o alcanza el dosel. La duración de esta fase depende de la formación de claros y de los requerimientos de iluminación y crecimiento del árbol.

Cuando los árboles alcanzan el dosel, su producción de semillas generalmente aumenta debido a la mayor disponibilidad de luz y, por lo tanto, mayor capacidad para la producción adicional de carbohidratos para la formación de flores y semillas. Los árboles se mantienen en el dosel, produciendo semillas para reiniciar el ciclo de vida, hasta que la senectud, las enfermedades y las fuerzas físicas ambientales causan su muerte y brindan espacio y recursos para el crecimiento de otros árboles.

Cuando un bosque es manejado, parte de la producción natural de madera u otros recursos forestales se extrae de forma artificial. Generalmente, los profesionales forestales ajustan la composición y estructura del bosque, a fin de aumentar la cantidad de productos provenientes de las especies arbóreas forestales. A fin de maximizar dicha producción, y para lograrlo, sin dañar la productividad natural u otros beneficios derivados del bosque, los profesionales forestales deben entender cada una de las partes del ciclo de vida de las especies arbóreas. Por ejemplo, un fracaso en la regeneración de una especie deseada significa que existe un bloqueo en una o más partes del ciclo vital de la misma. Dicho bloqueo puede ser el resultado de: falta de árboles semilleros, condiciones inadecuadas para la germinación de semillas o supervivencia de plántulas, exceso de depredadores de semillas o herbívoros, elevada mortandad de brinzales/latizales debido a la competencia de otras especies, brotes de enfermedades o plagas, carencia de polinizadores que permitan la producción de semillas, o una combinación de estos u otros factores. Si el profesional forestal no es capaz de entender el problema y aplicar los tratamientos silviculturales adecuados para corregirlo, la especie probablemente desaparecerá del bosque, junto con el uso de los productos que ésta ofrece.

GREMIOS ECOLOGICOS

Las especies difieren en sus necesidades ecológicas en cuanto a recursos ambientales tales como nutrientes del suelo, agua y luz. Las especies arbóreas también varían en otros aspectos, a saber sus tasas de crecimiento, tiempo de vida, producción de semillas y forma de crecimiento. El conocimiento de dichas diferencias es esencial para el manejo los bosques tropicales que se caracterizan por su diversidad de especies. No obstante, sería difícil manejar específicamente cada una de las especies del bosque. Por consiguiente, las especies generalmente se organizan en grupos, de acuerdo a sus semejanzas en cuanto a requerimientos ambientales. Dichos grupos de especies arbóreas se denominan “gremios ecológicos”.

Una de las características ecológicas que se usa como variable indicadora en la formación de gremios ecológicos es la tolerancia a la sombra. En general, la tolerancia a la sombra se vincula con el estado de sucesión. Los árboles que aparecen al inicio de la sucesión ecológica (inmediatamente después de producirse alteraciones) generalmente son intolerantes a la sombra, razón por la que no aparecen en sotobosques sombríos. Dichas plantas pertenecen al gremio ecológico de las “pioneras” o “heliófitas”. Por otra parte, existen plantas que tienen cierta tolerancia a la sombra y no requieren de grandes alteraciones para regenerarse. Estas forman parte del gremio ecológico de las plantas “no pioneras” o “esciófitas”. Es importante señalar que si bien las esciófitas son tolerantes a la sombra, esto no implica necesariamente que dichas plantas sean intolerantes a la luz solar. La mayoría de las esciófitas crecen mejor con iluminación total del sol. No obstante, las esciófitas son menos comunes, inicialmente, en

estos hábitats alterados e iluminados por el sol, puesto que las heliófitas generalmente se establecen y compiten de forma más efectiva en estas condiciones. En el siguiente cuadro se describen las características generales de las heliófitas y esciófitas.

Gremio	Descripción	Ejemplos en Bolivia
Heliófitas efímeras	Especies muy intolerantes a la sombra que se presentan en ambientes de sucesión temprana y sobreviven por corto tiempo.	Ambaibo (<i>Cecropia</i> spp.) Pica-pica (<i>Urera</i> spp.) Balsa (<i>Ochroma</i> spp.) <i>Helicocarpus</i> spp. <i>Trema micrantha</i>
Heliófitas durables	Especies intolerantes a la sombra que se establecen en ambientes alterados, pero que son de larga vida y ocupan posiciones en la parte alta del dosel del bosque.	Mara (<i>Swietenia macrophylla</i>) Cedro (<i>Cedrela</i> spp.) Tajibo (<i>Tabebuia</i> spp.) Curupaú (<i>Anadenanthera</i> spp.) Picana (<i>Cordia</i> spp.) Serebó (<i>Schizolobium</i> spp.)
Esciófitas parciales	Tolerantes a la sombra, en cierto grado, pero dependen de la pronta formación de claros para sobrevivir y crecer en el dosel del bosque.	Ochoó (<i>Hura crepitans</i>) Momoqui (<i>Caesalpinia</i> spp.) Tasaá (<i>Acosmium cardenasii</i>) Sirari (<i>Ormosia</i> spp.)
Esciófitas totales	Tolerantes a la sombra, capaces de sobrevivir varios años bajo el dosel del bosque y hasta crecer en estas condiciones.	Ojoso (<i>Pseudolmedia</i> spp.) Mururé (<i>Clarisia racemosa</i>)

La utilidad de los gremios ecológicos se deriva de su capacidad para resumir información sobre los requerimientos de las especies arbóreas en los bosques manejados, a fin de facilitar la determinación de tratamientos silviculturales. Por ejemplo, si la mayoría de las especies de un bosque manejado son heliófitas, se necesitarán grandes aperturas del dosel para brindar suficiente luz para su regeneración. Estas condiciones se pueden ofrecer mediante un aprovechamiento de alta intensidad y, quizás, aplicando tratamientos adicionales que proporcionen suelo abierto para la germinación de dichas especies o control de la vegetación competitiva en los años posteriores al aprovechamiento para mantener ambientes abiertos e iluminados. Por el contrario, si la mayoría de las especies manejadas son esciófitas, las grandes aperturas no serán necesarias ni deseables (los claros grandes estimulan el crecimiento de heliófitas, que compiten por la luz con las esciófitas). En estas circunstancias, será preferible

aplicar un aprovechamiento selectivo y de menor intensidad. Frecuentemente, las especies deseadas para la producción constituyen una mezcla de heliófitas y esciófitas. En este caso, el profesional forestal deberá usar un enfoque equilibrado, creando claros grandes en partes del bosque, pero manteniendo pequeñas aperturas en otras, a fin de generar condiciones apropiadas para ambos gremios.

Es importante recordar que los gremios ecológicos son grupos artificialmente creados y que, en realidad, las especies arbóreas varían en una progresión continua de tolerancia a la sombra. Por ejemplo, tanto los ambaibos (*Cecropia* sp.) como la mara (*Swietenia macrophylla*) son heliófitas, pero difieren considerablemente en su grado de tolerancia a la sombra, así como en otras características ecológicas. De igual forma, se debe señalar que las especies consideradas esciófitas varían también en el grado de tolerancia a la sombra. Muchas esciófitas son parcialmente tolerantes a la sombra. Sus plántulas pueden germinar y sobrevivir bajo el dosel del bosque por períodos cortos de tiempo, pero dependerán de la pronta formación de claros para continuar su crecimiento hacia el dosel. Estas especies generalmente se denominan “especialistas de claros”. Otras especies esciófitas son mucho más tolerantes a la sombra y pueden sobrevivir varios años, llegando a crecer, florecer y producir semillas en el sotobosque. En el siguiente cuadro se describe una clasificación más detallada de gremios ecológicos, que va más allá de la división en pioneras y no pioneras, y en la cual se incorporan las diferencias anteriormente señaladas.

Cabe notar que la mayor parte de las especies comerciales valiosas de Bolivia son heliófitas durables. Estas especies tienen tasas de crecimiento suficientemente lentas para la formación de maderas durables, pero han evolucionado obteniendo características morfológicas necesarias para un rápido ascenso al dosel, entre las cuales está el desarrollo de fustes rectos y largos sin ramificaciones. Dichas características hacen que éstas sean especies maderables idóneas. En cuanto a las esciófitas, vale indicar que existen relativamente pocos ejemplos de verdaderas esciófitas totales. La mayoría de las especies requieren cierta alteración durante su ciclo de vida, a fin de sobrevivir y reproducirse. Para garantizar la regeneración o aumentar el crecimiento de las especies comerciales establecidas, generalmente es necesario aplicar tratamientos silviculturales, aparte del aprovechamiento, a fin de incrementar la disponibilidad de luz o crear micro-sitios alterados aptos para la regeneración de las varias especies valiosas intolerantes a la sombra. La determinación de tratamientos silviculturales requiere conocimientos sobre la ecología de las especies vegetales de áreas alteradas, como los claros naturales y de aprovechamiento, así como de otras áreas (caminos, pistas de arrastre, rodeos, etc.) creadas por las actividades de extracción forestal.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESPECIES PIONERAS Y NO PIONERAS EN BOSQUES TROPICALES

	Pioneras	No Pioneras
Otros nombres	Demandantes de luz, intolerantes a la sombra, heliófitas, secundarias, colonizadoras, efímeras, no-equilibrio.	Intolerantes a la luz, tolerantes a la sombra, esciófitas, primarias, clímax, persistentes, equilibrio.
Semillas	Pequeñas, producción abundante y más o menos continua.	A menudo grandes, poca producción y ésta es anual o poco frecuente.
Banco de semillas	Muchas especies.	Pocas especies.
Germinación	Sólo en claros (> 90%).	Generalmente bajo el dosel.
Latencia de semillas	Semillas latentes.	A menudo no tienen latencia, a excepción de algunas leguminosas.
Plántulas	No pueden sobrevivir en la sombra.	Pueden sobrevivir bajo el dosel, existe un "banco de plántulas".
Tasa de crecimiento	Altas tasas de fijación de carbono y crecimiento.	Bajas tasas de fijación de carbono y crecimiento.
Crecimiento en altura	Rápido.	Lento.
Herbivoría	Hojas susceptibles, pocas defensas químicas.	Hojas menos susceptibles, tienen algunos mecanismos de defensa.
Madera	Generalmente blanda, baja densidad, no contiene silicio.	Variable, blanda o muy dura, baja o alta densidad, algunas veces con silicio.
Rango ecológico	Amplio.	Limitado.
Longevidad	Corta.	Larga.

LA FORMACIÓN DE CLAROS Y LA DINÁMICA DEL BOSQUE

Aparentemente los bosques son estáticos, sin embargo éstos se encuentran en estado constante de cambio. Los árboles, al envejecer, se debilitan por el ataque de enfermedades o la sobrecarga de epífitas y bejucos. Por consiguiente, éstos se hacen más vulnerables a caídas por acción del viento, roturas de la copa o rajaduras del fuste. Cuando un árbol cae naturalmente o es aprovechado, se abre el dosel del bosque, causando cambios ambientales en la parte inferior del bosque. Normalmente, un 1 a 5% del dosel se abre cada año por la caída de árboles. Si bien el bosque parece inalterado en general, la formación constante de claros brinda la oportunidad para que nuevos árboles se eleven hacia el dosel y para la continuidad de la existencia de especies pioneras dentro del bosque. Ocasionalmente, las alteraciones naturales o antropogénicas, como incendios, inundaciones, vientos intensos o brotes de plagas, causan la destrucción de grandes áreas del dosel y/o sotobosque. Es cada vez más evidente que estas grandes alteraciones naturales ocurren con mayor frecuencia que lo supuesto en el pasado. Al parecer, los bosques tienen capacidad para regenerarse después de dichas alteraciones, y la estructura y composición de los bosques que se observa actualmente es, en general, el resultado de estos grandes disturbios, así como de la mortandad anual causada por la caída individual de árboles. Existe la opinión general, entre las personas preocupadas por la conservación de los bosques, de que las grandes alteraciones no son naturales y tienen repercusiones negativas en la biodiversidad y otras funciones de los ecosistemas forestales. Por lo tanto, estas personas mantienen que la manipulación silvicultural de los bosques deberá minimizarse para evitar daños a los ecosistemas forestales. No obstante, se sabe que muchas de las especies maderables que se manejan en los bosques tropicales dependen de dichas alteraciones para su regeneración y que el uso de tratamientos silviculturales, para crear condiciones semejantes a las de los grandes disturbios, puede ser necesario si se espera mantener estas especies en los bosques del futuro.

Generalmente, los claros naturales en el bosque tienden a ser pequeños. Esto se debe a que un mayor número de árboles jóvenes muere debido a la supresión de luz por parte de los árboles de gran tamaño. Si bien menos numerosos, los claros formados por la caída de árboles grandes son más notables, puesto que crean aperturas más grandes en el dosel. Los claros se pueden formar en cualquier época del año. No obstante, la mayoría de éstos se producen durante la época de lluvias, particularmente a su inicio. Frecuentemente, los árboles se debilitan durante la época seca y, con la llegada de las primeras lluvias, el suelo se satura y ablanda, restando soporte a las raíces durante los vientos intensos que acompañan a las tormentas.

Los cambios ambientales causados por la caída de árboles permiten la supervivencia de especies de plantas intolerantes a la sombra, así como de las que necesitan suelo descubierto para su germinación y establecimiento. Estos cambios incluyen: mayor disponibilidad de

luz, disminución de la humedad relativa, incremento de la temperatura del suelo y mayor disponibilidad de nutrientes. La mayor temperatura del suelo, junto con la descomposición de hojas y ramas de árboles, ofrecen condiciones y sustrato para un aumento de la actividad microbiana que, a su vez, produce un aumento en la disponibilidad de nutrientes, especialmente de nitrógeno. El incremento de luz y la liberación de nutrientes permiten la proliferación de la vegetación en los claros. Entre las plantas de los claros se incluyen plántulas de especies comerciales, o brinzales y latizales de estas especies que se encontraban en el lugar antes de la formación del claro. Esta última categoría se llama, en general, "regeneración avanzada". Otras plantas que se encuentran en claros son árboles de especies no comerciales, bejucos, arbustos y plantas herbáceas. Esta vegetación puede suprimir el crecimiento de los árboles comerciales, pero también tiene atributos positivos con respecto al manejo forestal, como el ofrecer fuentes de alimento para la fauna silvestre.

CLASE POR TAMAÑO DE REGENERACIÓN

Clase	Tamaño
Plántula	≤ 30 cm altura
Brinzal	>0.3 – ≤ 1.5 m de altura
Latizal Bajo	>1.5 m altura ≤ 5 cm DAP
Latizal Alto	>5 - ≤ 10 cm DAP
Fustal	> 10 - ≤ 20 cm DAP

Fuente: Fredericksen y Mostacedo (2000)

Los claros no son uniformes en tamaño ni en disponibilidad de recursos para la vegetación. Su forma tiende a ser elíptica o de "8" en vez de redonda. El eje de caída de los árboles generalmente produce claros largos y angostos. Estos son más anchos en los extremos: en la parte donde la copa estaba ubicada originalmente antes de la caída y también en la parte donde ésta cae y aplasta la vegetación. Entre estas áreas, frecuentemente existe un corredor estrecho de árboles sin dañar, ubicados en la periferia del fuste caído. La cantidad de luz que llega a los claros tampoco es uniforme. Los bordes son menos iluminados que el centro, además de que un lado de los claros está más expuesto a la luz solar que el otro, puesto que la trayectoria del sol no pasa directamente sobre éstos, excepto en áreas muy cercanas al ecuador. Los claros reciben menos luz de lo que se supone. Hasta los claros grandes están iluminados sólo durante parte del día, debido a la sombra que proyecta el bosque adyacente. Además de las diferencias en disponibilidad de luz, los claros también varían de acuerdo a su

ubicación con respecto al árbol caído. En la zona cercana a la base del árbol habrá huecos y montículos de suelo expuesto, particularmente si las raíces fueron desenterradas por la caída. En los claros de aprovechamiento, la entrada de "skidders" para la extracción de trozas generalmente remueve el suelo cerca del tocón. Estas áreas generalmente son colonizadas por plantas pioneras, que necesitan suelo descubierto para su germinación. A lo largo del fuste de los árboles caídos hay poco disturbio de la vegetación. Sin embargo, por

lo general, la zona ubicada debajo de la copa caída contiene plantas muertas o dañadas. La copa derribada proyecta sombra, lo cual dificulta la regeneración de la vegetación en esta zona, exceptuando las plantas trepadoras que caen con el árbol, las cuales pueden usar las ramas como punto de apoyo y dar más sombra a las plantas situadas debajo de la copa. Las hojas y ramas en descomposición aumentarán la materia orgánica y la acumulación de nutrientes en la zona de la copa. La heterogeneidad en los claros tiene implicaciones para la silvicultura. A menudo, la mejor regeneración de especies comerciales intolerantes a la sombra se encuentra alrededor de los tocones de los árboles caídos, donde existe mayor disponibilidad de luz y



Formación de un Claro

Se producen cambios en:

- La entrada de luz
- La disponibilidad de humedad
- La temperatura del suelo (grandes fluctuaciones)
- La cantidad de nutrientes
- La composición y estructura de la vegetación

menor competencia de bejucos.

Si bien son similares de cierto modo, existen algunas diferencias fundamentales entre claros naturales y claros de aprovechamiento. Los segundos generalmente son más grandes, en promedio, que los primeros, debido a que sólo se aprovechan los árboles grandes. En contraste, los claros naturales se generan por la caída de árboles de distinto tamaño.

Asimismo, los árboles se pueden aprovechar en grupo, creando así claros muy grandes. Además, en algunos casos los árboles adyacentes son derribados al extraer trozas de los árboles aprovechados. Típicamente, los claros de aprovechamiento sufren mayores disturbios del suelo que los claros naturales, a causa del tráfico de “skidders” que extraen troncas. Debido a las mencionadas diferencias, los claros de aprovechamiento, frecuentemente, ofrecen condiciones más favorables para la regeneración de árboles intolerantes a la sombra. Sin embargo, la corta de árboles comerciales puede eliminar las fuentes de semilla de estos claros, a menos que la tala coincida con la época de dispersión de semillas.

Ecología de la Regeneración

La regeneración se inicia con la floración y la producción de semillas de los árboles maduros. El ritmo de florecimiento y fructificación de las plantas se denomina fenología. Es necesario considerar la fenología de los árboles del bosque para la toma de decisiones silviculturales, puesto que mediante ésta se puede determinar la época más apropiada para el aprovechamiento, así como para establecer el número y la ubicación de los árboles semilleros que no se cortarán.

En ciertas especies, el florecimiento se produce en ciclos anuales. Otras especies arbóreas florecen con intervalos mayores a un año. En algunas especies, como los palos santos (*Tetragalia* sp. y *Sclerobium* sp.), el florecimiento y la fructificación pueden ocurrir sólo una vez en la vida del árbol, después de lo cual éste muere. En la mayoría de las especies, el inicio del florecimiento está regido por señales ambientales como: fotoperíodo, humedad del suelo, temperatura o humedad relativa. En otras especies, el florecimiento puede estar regulado, internamente, por la condición fisiológica de la planta, que sólo está indirectamente determinada por las condiciones ambientales. El florecimiento puede ser sincrónico, cuando todo los árboles de una población local florecen durante la misma época. El ejemplo más marcado de este tipo de florecimiento es el del tajibo amarillo (*Tabebuia* spp.), en el que casi todos los individuos de una población florecen, espontáneamente, cuatro a siete días después de una lluvia posterior a un período prolongado de sequía. En otras especies, como los bibosis (*Ficus* spp.), los individuos que conforman una población florecen asincrónicamente, durante períodos de florecimiento que se alternan durante todo el año.

Casi todas las especies arbóreas tropicales dependen de la polinización cruzada para reproducirse. Este término significa que el polen de las flores de un árbol no puede fertilizar a las flores femeninas del mismo árbol. Por consiguiente, el éxito de la reproducción depende del desplazamiento de polen entre árboles de la misma especie. En el trópico, pocas especies son polinizadas por el viento y son los insectos, las aves y los mamíferos quienes se ocupan de este proceso. En los bosques tropicales, los individuos de las especies arbóreas generalmente se

presentan en baja densidad. Si el aprovechamiento de dichas especies es demasiado intenso, pueden surgir problemas para la regeneración, ya que los árboles de las especies raras quedarán excesivamente aislados como para que sus polinizadores puedan efectuar el intercambio de polen. La retención de árboles semilleros durante el aprovechamiento debe enfocarse en evitar que los árboles semilleros de especies raras queden aislados, pues, de otro modo, su utilidad para la producción de semillas se vería comprometida.

El florecimiento no garantiza, necesariamente, que un árbol produzca frutos. Algunos árboles son dioicos, lo que significa que los árboles de una población sólo producen flores masculinas, mientras que otros sólo generan flores femeninas. En estas especies, sólo los árboles con flores femeninas fructifican. Entre los ejemplos de especies forestales comerciales dioicas se pueden citar el ojo colorado (*Pseudolmedia laevis*) y el cuchi (*Astronium urundeuva*). Las especies monoicas son aquellas cuyas partes florales (masculina y femenina) se encuentran en el mismo árbol; pudiendo estar en distintas flores o combinadas en una sola. Un ejemplo de especie arbórea monoica es el ochoó (*Hura crepitans*). Sean dioicas o monoicas, algunas especies de árboles florecen y producen semillas todos los años. No obstante, muchas especies pueden florecer, pero la carencia de polinizadores, la muerte o pérdida de flores debida a viento, lluvia o frío, o el almacenamiento insuficiente de carbohidratos para formar frutos, pueden impedir la producción de semillas. Algunos árboles tienen frutos grandes, que contienen semillas ricas en carbohidratos. Estos árboles pueden almacenar carbohidratos durante varios años antes de contar con suficiente energía para generar una buena cantidad de semillas. Muchos árboles producen semillas en ciclos que ocurren cada dos a cuatro años. Estos ciclos se denominan ciclos de producción de semillas. En un estudio efectuado en un bosque seco de Bolivia, se determinó que, en promedio, sólo un 30% de los árboles maduros produjo semillas en un año dado (véase el siguiente cuadro).

Los ciclos de producción de semillas o la posibilidad de que ésta no suceda complican la determinación de tratamientos silviculturales, puesto que los tratamientos efectuados para brindar las condiciones necesarias para la regeneración pueden fracasar, si no se produce la lluvia de semillas prevista. Por ejemplo, las plántulas de las especies que requieren grandes claros o micro-sitios alterados para su regeneración, tales como el curupaú o el cuchi, pueden llenar las partes, iluminadas por el sol, de los caminos y las pistas de arrastre en áreas recientemente aprovechadas si producen semillas ese mismo año. Sin embargo, si dichas especies producen sus semillas uno o más años después del aprovechamiento, los mencionados sitios podrán llenarse con otra vegetación evitando así el establecimiento de las plántulas de curupaú (*Anadenanthera colubrina*) o cuchi.

PORCENTAJES COMPARATIVOS DE ÁRBOLES DE 17 ESPECIES QUE MANIFESTARON LAS DIFERENTES FENOFASES DURANTE DOS AÑOS CONSECUTIVOS (JUSTINIANO 1998)

FAMILIA ESPECIE	AÑO 1995			AÑO 1996		
	Caduc.	Flor	Fruto	Caduc.	Flor	Fruto
Anacardiaceae						
<i>Astronium urundeuva</i>	100-3	64	50	100-2	64	28
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	100-1	69	30	92-1	92	23
Apocynaceae						
<i>Aspidosperma rigidum</i>	100-3	***	77	100-2	10 0	***
Bignoniaceae						
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	100-4	+++	***	100-3	91	75
Boraginaceae						
<i>Cordia glabrata</i>	100-2	100	10 0	100-2	10 0	10 0
Caesalpinioideae						
<i>Hymenaea courbaril</i>	100-2	20	20	60-1	60	***
<i>Copaifera chodatiana</i>	100-2	100	53	***	69	85
<i>Pterogyne nitens</i>	100-2	100	***	***	66	17
Lecythidaceae						
<i>Cariniana ianeirensis</i>	100-5	***	***	100-2	***	***
Meliaceae						
<i>Cedrela fissilis</i>	100-5	100	***	100-2	++ +	8
Papilionoideae						
<i>Amburana cearensis</i>					25	8
<i>Centrolobium microchaete</i>	100-4	***	***	100-3	92	67
<i>Machaerium scleroxylon</i>	100-3	100	58	91-1	42	++
<i>Platymiscium ulei</i>	100-2	8	***	100-1	++	+
<i>Platypodium elegans</i>	100-2	***	***	***	+	***
	100-2	10	10	80-2	10	***
Rubiaceae						
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	100-3	92	92	83-1	10 0	10 0
Ulmaceae						
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	100-2	***	***	22-1	78	57

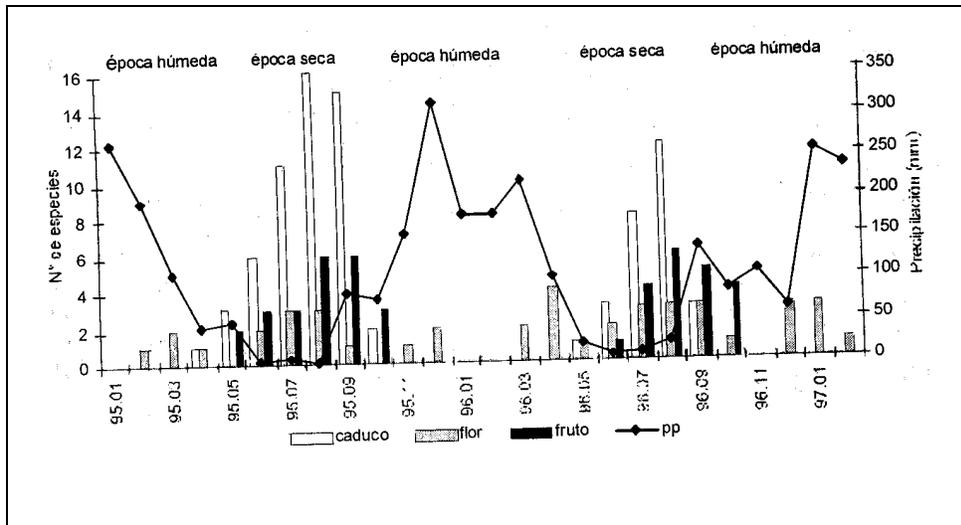
Leyenda:

100-3 = Primera cifra, porcentaje de la fenofase; segunda cifra número de meses con carácter caducifolio.

*** = Fenofase no observada.

El tiempo de producción de semilla durante el año varía entre especies. Generalmente, la producción de semillas de los árboles alcanza su punto culminante a fines de la época seca. Al parecer, la evolución de estas especies ha conllevado a que produzcan semillas cuando éstas pueden ser dispersadas ampliamente por los vientos intensos, para luego estar prontas a la germinación a inicios de la época de lluvias. En plena época de lluvias sucede otro período alto de fructificación. Las especies que producen semillas en esta época generalmente están dentro de frutos grandes y carnosos que son dispersados por animales. Entre los ejemplos de estos últimos se pueden citar las siguientes especies: azúcaró (*Spondias mombin*), coquino (*Pouteria nemorosa*), lúcuma (*Pouteria macrophylla*) y sangre de toro (*Virola* spp.). Algunas especies arbóreas, como el ochoó (*Hura crepitans*), pueden producir semillas durante casi todo el año, aunque la producción generalmente alcanza su punto culminante a fines de la época de lluvias. Los bibosis fructifican alternadamente en diferentes épocas del año.

PORCENTAJE DE ESPECIES CON FLORES, FRUTOS Y HOJAS, Y PRECIPITACIÓN MENSUAL DURANTE LA ÉPOCA DEL ESTUDIO DE FENOLOGÍA EN LAS TRANCAS, LOMERÍO (JUSTINIANO 1998).



La época de aprovechamiento puede definir el éxito o el fracaso de la regeneración. Los claros creados por el aprovechamiento del cedro pueden llenarse de plántulas de esta especie, si los árboles se cortan poco después de la dispersión de sus semillas que ocurre entre agosto y octubre. Si los árboles de cedro se cortan antes de la dispersión de semillas, no se

encontrarán plántulas de la especie en los claros de aprovechamiento. Esta misma situación se ha observado en el caso de la mara. Generalmente, no es posible programar el aprovechamiento de modo que éste coincida con la producción de semillas de los árboles comerciales, pero será necesario que la época de aprovechamiento coincida, en lo posible, con la dispersión de semillas a fin de lograr una regeneración abundante.

DISPERSION DE SEMILLAS Y LONGEVIDAD

La dispersión de las semillas de los árboles se efectúa mediante el viento, el agua y los animales (véase el siguiente cuadro). En los bosques húmedos, 60 a 80% de las semillas de las especies arbóreas son dispersadas por animales. En los bosques secos, 30 a 50% de las semillas de los árboles se dispersan mediante el viento. La mayoría de la dispersión de semillas de las especies comerciales de los bosques de Bolivia se efectúa a través del viento. La distancia de dispersión está determinada por el tamaño de las semillas, la altura de los árboles, la velocidad del viento y si las semillas cuentan con estructuras para ayudar a su desplazamiento en el aire (ej. alas). Algunas especies, entre las que se incluyen el momoqui y el ochoó, dispersan sus semillas mediante la dehiscencia explosiva de su cobertura, arrojando las diásporas a 20 o más metros del árbol. Las semillas dispersadas por animales pueden desplazarse mucho más lejos que las dispersadas por el viento o la gravedad. Por ejemplo, las semillas de bibosi y ambaibo son transportadas a grandes distancias por aves y murciélagos. En las especies dispersadas por animales, es importante tener en cuenta la abundancia de animales dispersores. Si la cacería, los incendios o las alteraciones causadas por el aprovechamiento causan una disminución de las especies de la fauna que dispersan las semillas, la regeneración de muchas especies de árboles se verá amenazada.

Las semillas de la mayoría de las especies arbóreas germinan el año siguiente a su dispersión, generalmente cuando las lluvias saturan el suelo y permiten la entrada de agua a la cobertura de la semilla. Las semillas de algunas especies, como los bibosis, germinan mejor después de haber pasado por el sistema digestivo de los animales que las dispersan. Algunas especies de árboles pioneros tienen semillas que pueden sobrevivir en el suelo por varios años y germinar sólo cuando son estimuladas por la luz, el calor y/o el aumento de concentración de nitratos presentes después de la formación de un claro. No obstante, aún en estas especies, más de un 90% de las semillas muere durante el primer año que sigue a la dispersión.

REGENERACION MEDIANTE SEMILLAS Y MEDIANTE REBROTOS

Algunas especies de árboles tienen tasas muy bajas de viabilidad de semillas, altas tasas de depredación de semillas o tasas reducidas de germinación. Sin embargo, los árboles también pueden regenerarse mediante el rebrote a partir de raíces o tallos cortados. Se conocen varias especies cuya regeneración se produce, primordialmente, por rebrote y sólo raras veces mediante semillas. Entre éstas están la tarara amarilla, la tarara colorada, el azúcaró y los tajibos. Otras especies de árboles se regeneran mediante semillas y rebrotes como, por ejemplo, los yesqueros, los jichituriquis, el momoqui y el tasaá. Existen árboles que rara



vez rebrotan y la mayoría de su regeneración proviene de semillas. Algunos ejemplos de éstas son el serebó, el cuchi, el bibosi y la picana. Las decisiones en cuanto a árboles semilleros son menos importantes para las especies que se regeneran mediante rebrote, además de que su regeneración posterior al aprovechamiento y los incendios sería más segura, puesto que existe mayor probabilidad de que los mismos árboles dañados rebroten. Los rebrotes se producen con mayor abundancia cuando los tejidos de las raíces de los árboles son dañados por la maquinaria de extracción. Debido a que cuentan con sistemas radiculares completos, los rebrotes generalmente crecen más rápido, en su etapa inicial, que las plántulas provenientes de semillas. No obstante, la calidad de los fustes que se desarrollan a partir de rebrotes es, a menudo, menor que la de los originados por semillas. Los rebrotes de tallos son susceptibles al ataque de hongos y sus conexiones estructurales con la base de los tallos o los fustes cortados son deficientes. Asimismo, los rebrotes que se originan a partir de raíces son susceptibles a la caída.

APLICACIONES PARA ARBOLES SEMILLEROS

Actualmente, las normas técnicas disponen la asignación de un 20% de los árboles aprovechables para semilleros. Estas directrices no sólo tienen por objeto brindar suficientes fuentes de semilla para la regeneración, sino actuar como un factor de seguridad para evitar el descreme. Aparte del factor de seguridad, el número de árboles designados como semilleros debe variar según la especie. Esta variación se debe a las diferencias entre las especies arbóreas en cuanto al porcentaje de regeneración proveniente de rebrotes o semillas, rareza, producción de semillas, sistema reproductivo (monoicas o dioicas) y éxito germinativo. Se pueden formar categorías del número relativo de árboles semilleros necesarios, sobre la base de dichas diferencias.

La primera y obvia separación para la retención de árboles semilleros será entre especies que se producen casi exclusivamente mediante rebrotes de tocones y raíces dañadas, en contraste con las especies que se regeneran primordialmente a través de semillas. La regeneración de especies que rebrotan es abundante en los bordes de los caminos madereros o en los claros de aprovechamiento. El daño causado a las raíces de los árboles maduros, ubicados al borde de los caminos, por el paso de camiones y “skidders” parece estimular este rebrote. Este también se produce a partir de los tocones de los fustes aprovechados y de otros árboles, de menor tamaño, dañados durante la construcción de caminos o el aprovechamiento. En estas especies, es muy raro encontrar regeneración originada por semillas en cualquier parte del bosque, debido a uno o más factores entre los que se incluye baja viabilidad de las semillas, poca capacidad de germinación, tasas altas de depredación de semillas y/o poca supervivencia de plántulas. El ejemplo más extremo de este grupo es la tarara amarilla (*Centrolobium microchaete*). Un examen de las semillas de esta especie, provenientes de un bosque seco de Bolivia, indicó que sólo 10% de éstas eran viables. La tasa de germinación de las semillas sanas escasamente alcanzó un 4%. Asimismo, se observaron tasas altas de depredación de semillas, previa y posteriormente a la dispersión, primero por loros y ardillas, y después por insectos. Por consiguiente, en las especies que rebrotan, mantener árboles grandes como semilleros es innecesario para la regeneración, pudiéndose excluir estas especies de las directrices. No obstante, es conveniente mantener árboles grandes de las especies mencionadas por otras razones, como la regulación del flujo maderable durante los ciclos de corta, el mantenimiento del flujo genético en la población y la retención de árboles que producen frutos importantes para la fauna. También es importante determinar si los fustes originados por los rebrotes tendrán buena forma y existencias.

Otra separación importante para las directrices que rigen la designación de árboles semilleros es la abundancia de árboles maduros. Cuanto más común es una especie, menores las posibilidades de que esta desaparezca a causa del aprovechamiento selectivo, a menos que el valor excepcional de especie común conlleve a la corta de todos los árboles maduros de la misma. No obstante, actualmente en Bolivia no existen ejemplos de este tipo de



especies, además que las regulaciones del diámetro mínimo de corta no permitirían que dicha desaparición ocurra. En todas las especies de árboles, especialmente las raras, el aprovechamiento puede crear grandes distancias entre los individuos maduros de una especie, lo cual causaría problemas para la polinización. Por consiguiente, las directrices para la designación de árboles semilleros deberán prestar especial atención a la biología de polinización de las especies individuales y a la conservación de sus polinizadores. Lamentablemente, se sabe muy poco sobre los mecanismos de polinización de la mayoría de las especies arbóreas de los bosques tropicales. Los polinizadores generalmente son capaces de desplazarse por grandes distancias en dichos bosques. Sin embargo, se ha demostrado que la reducción de la densidad de árboles disminuye la polinización. El problema de aislamiento de polinizadores es especialmente acentuado en las distintas especies de bibosis, cuyo hábito asincrónico de fructificación dificulta la supervivencia de las avispas que los polinizan.

En algunas especies raras, que están restringidas a ciertos hábitats, el aislamiento de árboles maduros puede constituir un problema. Ejemplos de especies vulnerables a este problema son el yesquero blanco, el paquíó y el tajibo amarillo. Dichas especies son raras, pero sólo porque están restringidas a zonas ribereñas. Dentro de éstas, las mencionadas especies pueden ser relativamente comunes. Cabe señalar que las zonas ribereñas están protegidas por la legislación forestal boliviana. Por consiguiente, la elaboración de directrices para la retención de árboles semilleros de estas especies puede relacionarse con las leyes vigentes de protección. En general, sin embargo, las directrices para la retención de árboles semilleros deberán ser más estrictas para las especies raras que para las comunes, especialmente aquellas de amplia distribución y alto valor comercial. Las especies como el roble, el cedro y la mara son especies

relativamente raras, de terrenos elevados, que fueron sobre-explotadas en el pasado. Las directrices para la designación de árboles semilleros deberán ser más estrictas para proteger estas especies de la extinción comercial. En ciertos casos, la abundancia actual de las mencionadas especies puede encontrarse ya por debajo de las densidades necesarias para una regeneración adecuada. En estos casos, será necesario proceder al enriquecimiento, para restaurar la abundancia de estas especies y alcanzar el nivel requerido para que la regeneración natural continúe de nuevo.

Al igual que las especies con gran abundancia de árboles maduros, las especies cuya producción de semillas es frecuente y abundante no requerirán directrices para la retención de semilleros tan restrictivas como las de las especies que generan pocas semillas o producen cantidades adecuadas infrecuentemente. Por ejemplo, el sirari (*Copaifera chodatiana*) produce buenas cantidades de semillas casi todos los años y cada árbol semillero tiene la oportunidad de regenerarse anualmente. En contraste, el maní (*Platypodium elegans*) produce muy pocas semillas y pasa por intervalos, que pueden durar varios años, en los que no genera semillas. Para especies como ésta, se deberán conservar un mayor número de árboles semilleros a fin de garantizar mayores probabilidades de regeneración durante los años de buena producción de semilla. También es importante considerar las diferencias entre especies en la relación entre el tamaño del árbol y la producción de semillas. Generalmente, los árboles de mayor tamaño producen más semillas hasta alcanzar la senectud. Por lo tanto, el aprovechamiento basado en límites diamétricos tenderá a eliminar los mejores árboles semilleros, a menos que se preparen estipulaciones específicas para la retención de árboles grandes. No obstante, debe indicarse que las especies difieren en la cantidad de semilla que producen al aumentar de tamaño. En Bolivia, la legislación forestal vigente dispone la corta regulada por límites diamétricos, sin tomar en cuenta su impacto en la producción de semillas de las especies maderables. Se necesita efectuar estudios para cuantificar la relación entre producción de semillas y tamaño de los árboles en las especies arbóreas de los bosques bolivianos.

Una dicotomía adicional que debe tomarse en cuenta para las directrices de retención de árboles semilleros es la posibilidad de germinación de semillas y supervivencia de plántulas posteriormente al aprovechamiento. Dicha supervivencia dependerá, en gran parte, de los micrositios requeridos para la regeneración de cada especie. La retención de árboles semilleros no tendrá utilidad alguna si las condiciones posteriores al aprovechamiento no favorecen el establecimiento y la supervivencia de las plántulas. Por ejemplo, las especies intolerantes a la sombra y de semillas livianas, como el cuchi y el cedro, no se regenerarán bien en bosques sujetos a aprovechamiento leve y selectivo, al margen del número de árboles semilleros que se mantenga. Si el manejo sostenible de dichas especies constituye un objetivo, sería más apropiado efectuar una extracción de mayor intensidad y dejar menos árboles semilleros, pero brindando condiciones más adecuadas para la regeneración de las mismas. Por consiguiente, el

número de árboles semilleros deberá basarse en las posibilidades de regeneración de las especies bajo las condiciones post-aprovechamiento de los sitios.

El modo de dispersión también constituye, también, un punto de consideración para la designación de árboles semilleros. En estudios de 34 especies arbóreas dispersadas por el viento, efectuados en la Isla Barro Colorado en Panamá, se determinó que la masa y la superficie de las semillas varía en seis órdenes de magnitud, lo cual conlleva a una variación de la distancia de dispersión de 22 a 194 m (Augspurger 1986). No obstante, los animales y el viento generalmente proporcionan una buena dispersión de semillas. Esto sugiere que la cantidad de semillas y las condiciones de los micro-sitios son más importantes para determinar la retención de árboles semilleros. Los vientos intensos de la época seca fomentan la amplia dispersión de las especies anemócoras (dispersadas mediante el viento), mientras que los animales son buenos dispersores, de amplio alcance, de la mayoría de las especies no anemócoras. Por ejemplo, aunque las semillas de algunas especies con frutos más carnosos (momoqui, sirari y curupaú) no cuentan con un exocarpo duro y, posiblemente, no podrían sobrevivir el paso a través del sistema digestivo de los animales, éstas son dispersadas, por hormigas cortadoras de hojas, a distancias considerables de los árboles-madre. Si bien dichas hormigas causan la muerte de muchas semillas, al transportarlas a sus nidos subterráneos, muchas de éstas son abandonadas a lo largo de sus caminos. Aparentemente, el mecanismo de dispersión puede tener menor importancia; sin embargo, los patrones de dispersión de semillas de los árboles tropicales son complejos y se desconocen sus implicaciones para el manejo. Aunque, al parecer, la dispersión de ninguna de las especies arbóreas del bosque seco es restringida, es importante distinguir, según su método de dispersión, las especies de otros bosques donde podrían existir restricciones.

En general, es difícil determinar la posición de los árboles semilleros para lograr la máxima dispersión de semillas, puesto que la selección de éstos se efectúa antes del aprovechamiento y se requiere recolectar una gran cantidad de información para la ubicación correcta de los mismos. Por esta razón, la mayoría de los encargados del manejo forestal utilizan una selección aleatoria de árboles semilleros, a fin de que éstos representen a toda la población presente en el bosque y que sus semillas se dispersen de forma relativamente pareja en todas las áreas aprovechadas. No obstante, en algunos casos, se puede optimizar la posición de éstos, si se dejan árboles semilleros de especies intolerantes de la sombra de modo que el viento lleve sus semillas hacia áreas con grandes claros de aprovechamiento.

Una consideración final para la retención de árboles semilleros es que los árboles dioicos, típicamente, tendrán la mitad de la capacidad de dispersión de las especies monoicas. Por consiguiente, las especies como el cuchi y el ojo colorado requerirán del doble de árboles semilleros para lograr una regeneración similar a la de las especies monoicas con ecología de regeneración semejante en otros aspectos. Asimismo, debe indicarse que muchos árboles con

flores hermafroditas o femeninas nunca producen semillas. Por lo tanto, a menudo se hace imposible pronosticar qué árboles serán buenos productores de semillas. La observación de la presencia de frutos en los árboles es, probablemente, el único método seguro para determinar qué árboles deberán mantenerse como semilleros después del aprovechamiento.

La selección de árboles semilleros en los bosques tropicales es un proceso más complicado que va más allá de simplemente dejar árboles grandes o, en el caso de Bolivia, mantener reservas de árboles semilleros. Será necesario considerar las diferencias exclusivas de cada especie, en cuanto a ecología de semillas y plántulas, de modo que no se mantenga un número innecesario de árboles semilleros, con las consecuentes implicaciones económicas negativas, ni se conserve una cantidad insuficiente de éstos, lo cual puede dificultar la regeneración posterior al aprovechamiento. En la mayoría de los casos, la retención de árboles semilleros sigue siendo un asunto bastante subjetivo. Se necesita más información sobre la ecología de regeneración de las especies tropicales, a fin de elaborar directrices precisas y cuantitativas para la retención de árboles semilleros.

4 APROVECHAMIENTO FORESTAL

El aprovechamiento forestal constituye el principal tratamiento silvicultural en el manejo forestal, su aplicación puede causar tanto trastornos positivos, como negativos en el bosque. Por ello, el conocimiento de las condiciones del bosque y sus necesidades son importantes para que la implementación del manejo permita alcanzar los objetivos previstos.

La principal regulación que se ha usado en los bosques tropicales bolivianos, ha sido la definición de un Diámetro Mínimo de Corta (DMC) para las especies de mayor aprovechamiento. Por muchos años, ésta ha sido la única forma de control de aprovechamiento del bosque. El DMC se ha empleado por su facilidad de fiscalización, tanto por parte del Estado como de los usuarios del bosque. No obstante, se ha podido establecer que el DMC, por sí solo, no garantizará una producción sostenible, sino está acompañado por otras medidas como semilleros, intensidad de corta, áreas de protección y otros.

ANÁLISIS DE LOS DIÁMETROS MÍNIMOS DE CORTA (DMC)

El DMC es una de los aspectos que regulan la producción de madera. Louman (1998) indica que fijar un DMC no garantiza un buen manejo y que, generalmente, se requiere de tratamientos silviculturales, después de la cosecha, para asegurar que el bosque remanente sea sano y vigoroso y tenga una buena composición. Fijar un DMC sin tratamientos adicionales puede derivar en una producción de madera sostenible, sólo cuando a) existe una buena distribución (distribución regular¹) de los árboles de las especies aprovechadas, b) se deja algunos de los mejores individuos como semilleros durante el aprovechamiento y c) se aplica un aprovechamiento de bajo impacto.

Los DMCs son muy usados en bosques tropicales y también en bosques templados porque:

- El concepto es muy fácil de entender.
- Es más fácil controlar las troncas que salen del bosque por aspectos legales.
- Existe la percepción de sostenibilidad mediante el uso de DMCs.
- Se perciben como una imitación de las perturbaciones naturales.
- El bosque se mantiene relativamente cubierto por dosel.

¹ Una distribución diamétrica regular se presenta cuando existe una cantidad suficiente de árboles en las clases diamétricas inferiores al DMC, las mismas que constituirán los árboles de futura cosecha y las que se deben proteger.



- Muchas veces, los mercados están restringidos a productos elaborados con madera de troncos de diámetros gruesos.

Sin embargo, existen desventajas en el uso de DMCs:

- Se asume que los árboles grandes son más viejos.
- La naturaleza no sólo elimina los árboles grandes y, por lo tanto, la corta basada en DMCs no se parece a los disturbios naturales.
- Se pierde la posibilidad de ajustar la distribución diamétrica para normalizar el flujo de madera.

Lamprecht, (1990) indica que sólo es posible garantizar una producción maderera sostenible, fijando un DMC, cuando:

- Existe suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable.
- El DMC ha sido fijado en un diámetro suficientemente alto.
- Las especies explotadas presentan una distribución diamétrica regular.

En cambio, Louman (1998) indica que la aplicación de los DMC depende de varios factores, a saber:

- El valor de la madera.
- La tasa de crecimiento de la especie.
- La distribución diamétrica de las especies
- La cantidad total de individuos de la especie en el bosque bajo manejo.
- La reproductividad de la especie.
- Las posibilidades de vender madera de tamaños menores.

Actualmente, las normas técnicas fijan un DMC para una determinada especie según la región productiva (Amazonía, Chiquitanía, Chaco, etc.), pero dicha normativa también indica que se puede justificar ecológica y económicamente la modificación del DMC, como se señaló en la sección referida a la ley.

Para justificar la modificación del DMC, se debe partir de los resultados del inventario forestal y generar un cuadro de distribución diamétrica en clases de 10 cm, además de establecer el número de individuos por cada clase diamétrica. Esto se debe realizar para cada especie que se desea justificar, además se debe determinar el gremio ecológico y la madurez

tecnológica de las mismas. Esta información se puede determinar mediante observaciones realizadas durante la corta, puesto que todos los árboles, al llegar a cierto grosor y edad, pierden vigor y empiezan a manifestar putrefacción de la madera, lo que se refleja como árboles huecos.

Existen casos en los que se fija el DMC y el diámetro máximo de corta, atendiendo precisamente, a lo que se señaló en el párrafo anterior. Es decir que los árboles delgados no pueden ser cortados debido a que la norma técnica así lo define ya que los rendimientos son bajos en el aserrío, además de que los árboles gruesos presentan huecos, lo cual repercute también en el rendimiento.

COMO DETERMINAR EL DIAMETRO MINIMO DE CORTA

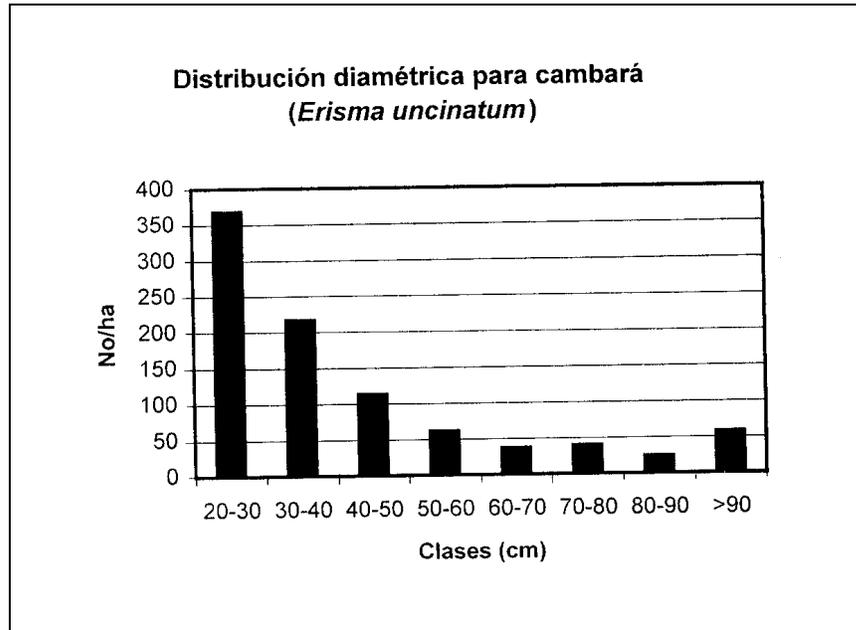
A pesar que el DMC está establecido en las normas técnicas, éste debe ser analizado y justificado, no sólo con el propósito de cumplir con un requisito exigido por la ley o la evaluación de la Superintendencia Forestal, sino para conocer si existe el número suficiente de árboles en las diferentes clases diamétricas y establecer si se contará con la abundancia suficiente para el aprovechamiento al final de cada ciclo de corta. El análisis de los DMCs debe realizarse para cada una de las especies propuestas en el plan de manejo y éste debe estar acompañado por la información anteriormente citada sobre gremio ecológico y madurez tecnológica.

En caso de no contar con información sobre el DMC en las normas técnicas, su justificación y análisis deben ser más detallados, para su análisis se debe recopilar todos los datos provenientes de otros inventarios forestales o parcelas permanentes ejecutados en la misma región productiva.

Como se indicó anteriormente, el análisis se debe realizar con datos provenientes del inventario forestal ($dap \geq 20$ cm). Asimismo, los inventarios contienen otros datos dasométricos (como las alturas totales y comerciales), que también pueden ser analizados para una mejor justificación.

A continuación, se presenta la distribución diamétrica de una de las especies más abundantes de la región del Bajo Paraguá.

En la figura siguiente, el DMC fijado para cambará (*Erisma uncinatum*) corresponde a 60 cm (según la norma técnica), es decir que es muy probable que todos los árboles que están a la derecha de esta marca sean cortados o que un porcentaje de éstos se considere para árboles semilleros o como un factor de seguridad para ajustar valores derivados de estimaciones erróneas.



En el cuadro se presentan los resultados de la abundancia por clase y la abundancia para corta, según el DMC, para la misma especie de la figura anterior.

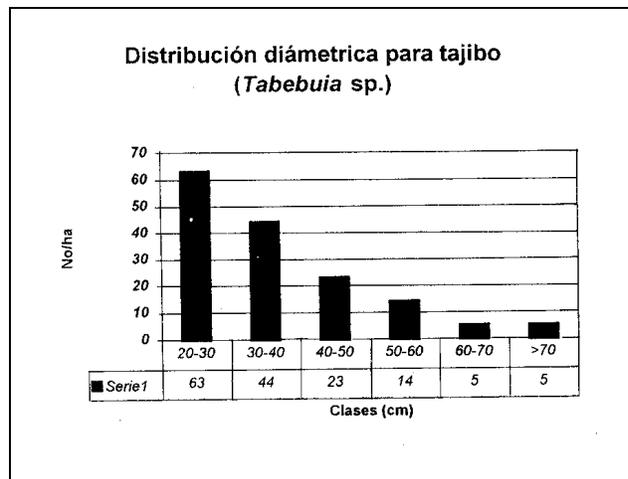
Clases	Abundancia	
	No/ha	Para cortar
20-30	368	
30-40	217	
40-50	113	
50-60	61	
60-70	37	159 (100%)
70-80	40	127 (80%)
80-90	24	
>90	58	

En el cuadro anterior, en la última columna, se muestran los resultados de la cantidad de árboles que se pueden cortar a partir del DMC definido, tanto si se corta el 100% de la abundancia, o solamente el 80%, según lo señala la norma técnica. Asimismo, se asume que todos los árboles mayores a 60 cm son de calidad 1 o 2 y no existen árboles huecos.

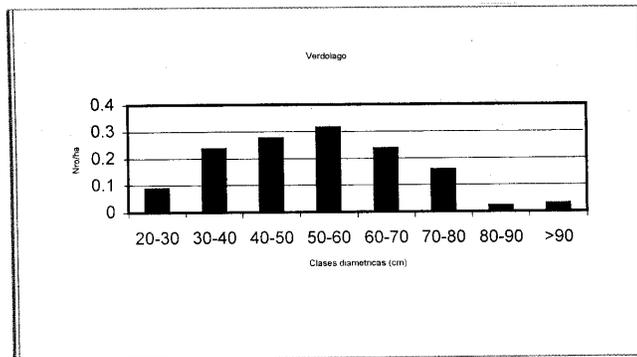
La cantidad de árboles a cortar con una intensidad del 80%, según el cuadro, corresponde a 127 árboles y, para garantizar una producción igual o parecida a la primera cosecha, las clases inferiores al DMC deben contar con el número suficiente de árboles que, transcurrido el tiempo, reemplacen a los cortados. Analizando nuevamente el cuadro, se puede concluir que después de 20 años (ciclo de corta) la clase inmediatamente inferior al DMC no podrá satisfacer la demanda, puesto que en esta clase sólo existen 61 árboles, los que sumados a los semilleros alcanzan a 93 árboles, sin considerar la mortalidad natural y los semilleros a mantener.

A partir de estos primeros resultados, se puede concluir que para que la producción sea sostenible en abundancia se debe cortar en la segunda cosecha una cantidad menor de árboles, de lo contrario se pondrá en riesgo la capacidad productiva del bosque, lo que significa que no habría manejo forestal. Los resultados indican también que la tercera cosecha (clase 40-50) no será similar a la primera, ya en la cuarta cosecha se observa una total recuperación, siempre y cuando los daños a los árboles durante el aprovechamiento sean mínimos y la probabilidad de eventos no esperados (incendios, inundaciones, etc.) sea escasa. De cualquier manera, en los cálculos se debe considerar también una tasa de mortalidad natural (tema que se discute más adelante).

Un segundo ejemplo lo constituye el tajiño (*Tabebuia* sp.). En este caso, y siguiendo el mismo procedimiento anterior, se concluye que se podrán cortar 19 árboles mayores a 50 cm (DMC definido para la especie) y con una intensidad del 80%. La categoría anterior al DMC presenta 23 árboles que, a pesar de la mortalidad natural, podrán reemplazar a los cortados en la primera cosecha, considerando un ciclo de corta de 20 años.

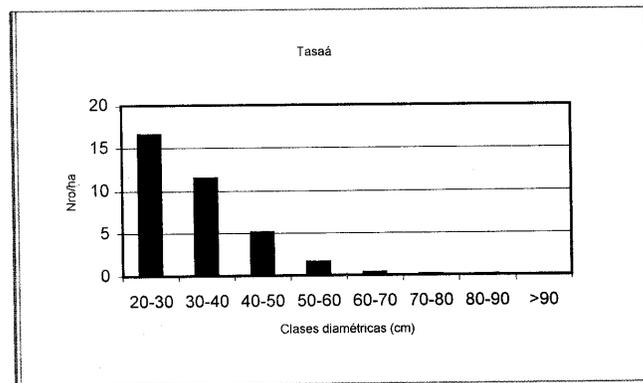


A continuación se presentan las distribuciones diamétricas de otras dos especies según el gremio ecológico al cual éstas pertenecen.



C1

2 ⇌



En el primer caso, se presenta la distribución de una especie típicamente heliófita (verdolago – *Terminalia* sp.) en la que las clases diamétricas intermedias y bajas son más abundantes, lo que indica que éstas requieren luz para su desarrollo. Es posible que los individuos de dichas clases estén creciendo en lugares donde hayan ocurrido alteraciones considerables, lo que conlleva al desarrollo de una regeneración casi coetánea.



En cambio en el segundo caso, se observa una especie esciófita (tasaá – *Acosmium cardenasii*) en la que la abundancia disminuye según aumenta la clase diamétrica, formando una curva con forma de “J” invertida (igual que en los dos casos anteriores). Se observa, también, que las clases menores, que son más abundantes, están creciendo bajo el dosel protector de los árboles grandes de la misma y otras especies. Asimismo, se sabe que esta especie es del dosel intermedio y que no alcanza a ser emergente.

HERRAMIENTAS PARA ESTABLECER UNA COSECHA SOSTENIBLE

Para alcanzar una producción forestal sostenible, se debe obtener del bosque volúmenes iguales en superficies más o menos parecidas. Esto no siempre es posible y entre las herramientas que pueden emplearse para determinar si el aprovechamiento es sostenible en el tiempo se tiene:

Ley de de Liocourt

La ley de de Liocourt, expresa la distribución teórica del número de árboles por clase diamétrica en bosques de edad no uniforme (disetáneos).

Matemáticamente, la ecuación que describe esta ley, es:

$$N = k * e^{(-a*d)}$$

Donde:

- N = Número de árboles por hectárea
- k = Coeficiente que representa el número de árboles por hectárea cuando el dap es cero.
- e = Constante neperiana
- a = Pendiente de la distribución, que controla la tasa de cambio del número de árboles entre las clases diamétricas
- d = Punto medio de las clases diamétricas

Además, se puede establecer el cociente de reducción q, mediante la expresión matemática:

$$q = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

Siendo N el número de árboles teórico en las diferentes clases.

En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de aplicación de la ley de de Liocurt. En este cuadro, se presenta tanto el número observado (establecido en el campo), como el número teórico determinado en forma teórica (aplicando la ecuación matemática) para un grupo de especies, este mismo cuadro se puede preparar para una sola especie.

Clase	Número No/ha		q
	Observado	Teórico ¹	
5-10	0	402.4	2.37
10-20	0	169.9	2.37
20-30	46.898	71.8	2.37
30-40	34.684	30.3	2.37
40-50	16.112	12.8	2.37
50-60	6.565	5.4	2.37
60-70	2.378	2.3	2.37
70-80	0.983	1.0	2.37
80-90	0.445	0.4	2.37
>90	0.13	0.2	

Los resultados del número observado no muestran valores en las clases 5-10 y 10-20, esto es debido que en el inventario sólo se colectó datos a partir de un dap mayor o igual a 20 cm. En cambio, aplicando el modelo matemático, se puede obtener valores mayores o menores al dap establecido.

La información generada se utiliza para conocer cuantos árboles, teóricamente, debe tener cada clase diamétrica, para así lograr cosechas sostenibles. Esto significa que para tener por lo menos 0.2 árboles por hectárea mayores a 90 cm, se debe contar con un mínimo de 402 árboles por hectárea en la clase 5-10 cm.

En la última columna del cuadro está el valor del cociente de reducción de la distribución. Este valor indica que en la medida que avanza la distribución, ésta se reduce en 2.7. Es decir que si se toma el valor de la primera clase y se divide entre el cociente se tendrá: $402.4 / 2.7 = 169.8$ valor que corresponde a la segunda clase.

¹ Ecuación del modelo: $N = 619,23 \cdot \exp(-0,0862 \cdot d)$, $R^2 = 0,988$



Tasa de Incremento Corriente (TIC)

Martins (1996) indica que con la TIC se determina el movimiento de árboles hacia las clases diamétricas mayores y, además, señala que este movimiento es proporcional a la relación del crecimiento diamétrico del período o ciclo de corta y el ancho de clase.

Matemáticamente, la TIC se expresa de la manera siguiente:

$$\text{TIC} = \frac{\text{Tasa de Crecimiento del Período (TCP) o ciclo de corta (cm)}}{\text{Tamaño de la clase diamétrica (cm)}}$$

Para aplicar la TIC, primero se debe determinar la TCP para ello se debe contar con información del ciclo de corta y el Incremento Corriente Anual (ICA) esta información puede ser tomado del plan de manejo propuesto. Por ejemplo:

Datos:
Período o ciclo de corta = 20 años
ICA en dap = 0.5 cm

Pregunta:

Cuántos centímetros crecerán los árboles en 20 años y con el ICA mencionado.

Respuesta:

Para ello se debe multiplicar el ciclo de corta por el incremento, entonces:

$$\text{TCP} = 20 \text{ años} * 0.5 \text{ cm/año} = 10 \text{ cm}$$

Todos los árboles en el período señalado crecerán 10 cm en diámetro.

Con la obtención de la TCP, se aplica la TIC, tomando en cuenta que el ancho de clase de la distribución diamétrica es de 10 cm:

$$\text{TIC} = \frac{10 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 1$$

El 1 significa que el 100% de los árboles de una clase pasan a la siguiente clase.

Con referencia al cuadro anterior, se puede determinar que:

Clases	No/ha actual	No/ha futuro
20-30	46.898	
30-40	34.684	46.898
40-50	16.112	34.684
50-60	6.565	16.112
60-70	2.378	6.565
70-80	0.983	
80-90	0.445	
>90	0.13	

Como se observa en el anterior cuadro, todos los individuos de una clase pasan a la siguiente clase. De esta manera se puede determinar si los árboles que fueron cortados serán reemplazados por las categorías inferiores. Por ejemplo, si se corta a partir de un dap de 60 cm se podrán aprovechar tres árboles (cortando sólo el 80% de lo disponible) y se observa que después de 20 años hay más de seis árboles que pasan a esta categoría, con lo que se garantiza una producción sostenible.

En un segundo ejemplo, se determinó la TIC para un ciclo de corta de 35 años, con el mismo ICA. El TCP para dicho período será de 17.5 cm, el que dividido por el tamaño de clase dará como resultado una TIC de 1.75. Esto significa que el 100% de los árboles de una clase pasa una clase y el 75% de éstos pasan dos clases, en otras palabras: 75% pasa dos clases y 25% una clase. A partir del cuadro anterior se puede derivar lo siguiente:

Clases	No/ha actual	No/ha futuro		
		1 clase	2 clases	Total
20-30	46.898			
30-40	34.684	11.725		
40-50	16.112	8.671	35.173	
50-60	6.565	4.028	26.013	
60-70	2.378	1.641	12.084	13.725
70-80	0.983		4.923	4.923
80-90	0.445			
>90	0.13			
				18.648

Con un ciclo de corta de 35 años, se incorporará un mayor número de individuos para la corta; en este caso serán 15 árboles, si se corta el 80%, lo que aumenta considerablemente el número de árboles de la primera cosecha.

No obstante, se debe considerar en todo momento la mortandad natural. Existe una fórmula, propuesta por Martins (1996), para determinar el número de árboles sobrevivientes al final del período o ciclo de corta. La expresión matemática es la siguiente:

$$N_s = N_a \cdot (1-m)^c$$

donde:

- N_s = Número de árboles sobrevivientes al final del ciclo
- N_a = Número actual de árboles
- m = Mortandad en porcentaje
- c = Ciclo de corta en años

Aplicando la fórmula anterior a los resultados del Cuadro, se tendrá que:

$$N_s = 18.6 \cdot (1-0.01)^{35} = N_s = 13 \text{ árboles}$$

Por lo tanto, sólo existe la probabilidad de aprovechar 10 árboles si se corta un 80% de lo disponible.

Tiempos de paso²

El tiempo de paso es el tiempo que transcurre para que los árboles de una clase diamétrica pasen a la siguiente clase o pasen del límite inferior de la clase al límite superior de la misma. Para su aplicación, se debe conocer el ICA en diámetro. En el siguiente cuadro se presentan los resultados del tiempo de paso para cada clase y la edad al límite superior.

Clase	Punto medio	Frecuencia	Incremento Corriente Anual			Tiempo de paso	Edad al límite superior
			Menor	Mayor	Promedio		
10-20	15	59	0	2,3	0,57	18	18
20-30	25	68	0,8	1,5	0,66	15	33
30-40	35	56	0	1,35	0,57	18	50
40-50	45	52	0	4,13	0,56	18	68
50-60	55	28	0	2,25	0,6	17	85
60-70	65	4	0	0,75	0,55	18	103

En el cuadro, se puede evidenciar que un individuo que se encuentra en la clase 10-20 requiere de 18 años (ciclo de corta) para pasar a la siguiente clase. Con este método, se puede determinar el tiempo que se debe esperar para que el bosque recupere su abundancia, considerando un determinado DMC. En este caso, también, se debe aplicar la fórmula para determinar el número de árboles sobrevivientes.

En la última columna del anterior cuadro, se muestra el tiempo necesario para que un árbol de la clase 10-20 pase a las siguientes clases; por ejemplo, para alcanzar 65 cm un árbol requiere entre 85 y 103 años.

El Proyecto BOLFOR, mediante una serie de experiencias e investigaciones, ha desarrollado varios de modelos de crecimiento, éstos sirven para simular el tiempo de paso y calcular el volumen de las distintas clases de tamaño. Estos modelos han sido incorporados en un programa para procesar datos de inventarios forestales.

² La metodología para determinar el tiempo de paso se presenta en el Anexo 2 de este documento.

SELECCION DE ARBOLES PARA LA CORTA Y SEMILLEROS

Intensidad del aprovechamiento

En la norma técnica 248/98 se indica que, como factor de seguridad, la prescripción silvicultural en ningún caso podrá implicar la corta de más del 80% de la abundancia actual de los árboles seleccionados en la oferta de especies. La abundancia actual incluye los árboles arriba del DMC establecido por esta norma o por los estudios específicos que se hagan.

Esto significa que se debe dejar un 20% como un factor de seguridad, para compensar estimaciones erróneas que se puedan efectuar en el inventario o censo forestal. No obstante, en general, se usa este 20% como árboles semilleros, los que en realidad pueden actuar como tales, así como también los árboles que no alcanzaron el DMC definido.

Generalmente, la forma de seleccionar un árbol semillero es sistemática, es decir que de cada cinco árboles que se cortará, se deja el quinto como semillero. Sin embargo, en muchos casos, este quinto árbol no es el más apto para semillero, ya que el mismo puede ser un árbol sobremaduro que no tendrá capacidad de producir semillas en la cantidad y calidad suficientes.

Se ha observado que muchas especies tienen otras formas de regeneración aparte de la reproducción por semilla, como rizoma, estaca, etc. Por lo tanto, los árboles semilleros en estos casos no cumplen su finalidad. Por esta razón se deben establecer mecanismos que aseguran la regeneración para cada zona y especie.

Características de un árbol semillero

En la selección de árboles semilleros se toman en cuenta sólo aspectos como la calidad del fuste, el valor comercial, la abundancia y la distribución espacial. No obstante, otros aspectos como el gremio ecológico, la biología de reproducción, y las épocas de floración y



fructificación, no son considerados, a pesar de ser justamente éstos los que influyen en la cantidad o calidad de la regeneración.

Si, por lo menos, se tomara en cuenta el gremio ecológico, se podría favorecer el establecimiento y desarrollo de las especies deseadas. Con esta información, el aprovechamiento será dirigido, precisamente, a fomentar la “preferencia” por la luz de las especies aprovechadas, además de imitarse los procesos naturales de caída de árboles, creación de claros y establecimiento de la regeneración.

Para la selección adecuada de árboles semilleros, se deben considerar ciertas características como:

- Gran altura
- Copa densa y grande
- Fuste de buena forma
- Vigor
- Ubicación favorable para el establecimiento de plántulas

La selección de semilleros no debe ser sistemática, sino que, de los cinco árboles que se cortarán, se deberá escoger el que mejor cumpla con las características señaladas.

Asimismo, para establecer el número adecuado de semilleros, en comparación con la norma técnica, se deben considerar otros aspectos como:

- Sistema de reproducción (rebrote vs. semilla; monoica vs. dioica)
- Abundancia de individuos maduros
- Abundancia y frecuencia de producción
- Germinación y supervivencia de plántulas
- Posición y distribución

Selección de los sistemas de aprovechamiento

Una de las finalidades de la aplicación de la silvicultura en bosques naturales es inducir la regeneración natural de las especies que se están aprovechando y proporcionar las mejores condiciones para su establecimiento y posterior desarrollo. Para lograr esta finalidad, se debe planificar, en la etapa previa al aprovechamiento, el método más adecuado para la regeneración de la especie o grupo de especies. Asimismo, después del aprovechamiento, se debe analizar si la cantidad y calidad de regeneración son adecuadas y, si este no fuese el caso, se deben prescribir tratamientos silviculturales que fomenten la regeneración deseada.

En los bosques tropicales existen tres sistemas de aprovechamiento, los que difieren en la intensidad de corta y en la estrategia para fomentar la regeneración del bosque. Estos sistemas son:

- Tala rasa, que consiste en aprovechar todos los árboles de un rodal o área, en una sola intervención. El aprovechamiento puede realizarse en toda el área de manejo o en partes de ésta, ya sea en forma de bloques o fajas.

Un ejemplo de este sistema se desarrolló en el proyecto Pichis-Palcazú (en el Perú), donde se cortó en fajas angostas y largas todos los árboles comerciales y no comerciales, pero se dejó, a cada lado de las fajas, bosque sin intervenir para que funcionen como fuente de semilla.

- Corta bajo dosel protector (“shelterwood”). Según Lamprecht (1990), este método, que fue aplicado en la Reserva Forestal Arena de la isla de Trinidad, en una superficie de 14000 ha, se caracteriza por lo siguiente:
 - Primero, los empresarios explotan la madera comercial bajo el control del servicio forestal.
 - A continuación, el material restante, apropiado para fines de elaboración de carbón (maderas duras) se vende a precios bajos a carboneros. La pirólisis se realiza *in situ*.
 - En caso de que el número restante de árboles aún sea demasiado alto, los que sobran, en particular los de copa ancha, son talados y/o envenenados por el servicio forestal. Después de este procedimiento sólo queda un dosel muy abierto, formado por árboles de copas reducidas. A partir de este momento, la operación se suspende durante un lapso de 18 meses, esperándose que durante ese tiempo la regeneración natural se establezca.
 - Posteriormente, se aplican tratamientos para fomentar el desarrollo de la regeneración.
- Selección, que consiste en el aprovechamiento de los árboles que han alcanzado un DMC determinado y tienen un mercado específico. Esta corta se puede realizar de manera individual o en grupos.

Selección de árboles individuales

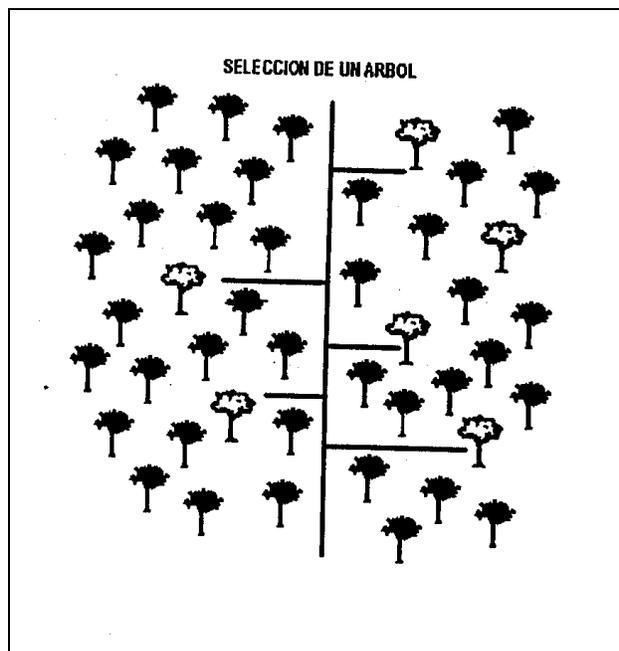
Este método es el más adecuado cuando las especies son tolerantes a la sombra y la regeneración puede desarrollarse en claros "pequeños" generados por la caída de pocos árboles. Este método se aplica en aquellos **casos** donde el sistema silvicultural es altamente selectivo y las especies se encuentran dispersas en el área.

Daniel, *et al.* (1986), citan las siguientes ventajas del método:

- se puede lograr, con facilidad, la regeneración de especies tolerantes;
- la protección del terreno es excelente, con muy poca o ninguna exposición al sol o viento,
- los rodales pueden adaptarse con facilidad a las condiciones fluctuantes del mercado,
- es menos probable que un incendio resulte tan desastroso como lo sería en un rodal joven y coetáneo,
- los retornos del capital invertido se obtienen a intervalos cortos, incluso a partir de pequeños lotes de madera y
- con buena planificación, se producen pocos disturbios en el sitio.

Algunas de las desventajas son:

- es necesario que este método sea aplicado por profesionales forestales experimentados,
- los costos de aprovechamiento y transporte son mayores,
- la calidad de las troncas es menor comparada con un rodal de edad uniforme,
- los árboles que se cortarán están dispersos en toda el área,
- las condiciones son desfavorables para el establecimiento y desarrollo de especies intolerantes a la sombra y
- no crea condiciones apropiadas para la regeneración.



Selección en grupos

El segundo método consiste en el corte de árboles en grupo. Este método es aplicable en aquellos casos donde la mayor parte de las especies no toleran la sombra y necesitan claros grandes. El tamaño máximo de los claros debe ser igual o el doble de la altura de los árboles.

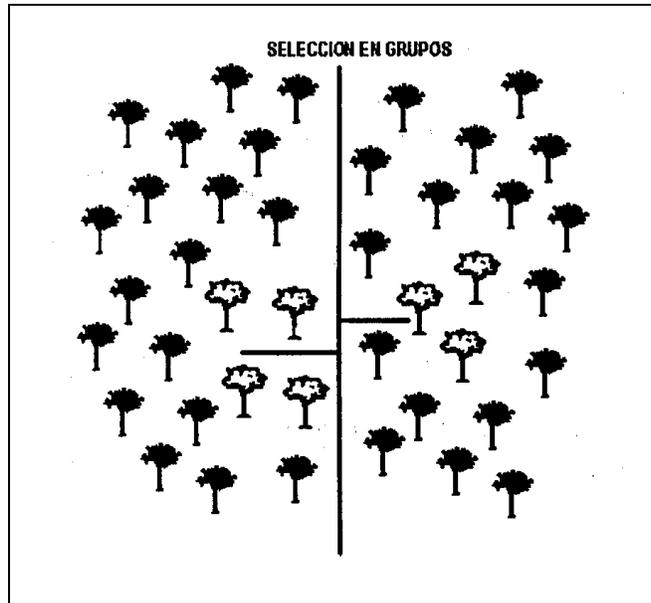
Según Daniel *et al.*, las ventajas de éste método son las siguientes:

- las plántulas de los grupos de regeneración crecen bajo condiciones parecidas a las de un rodal coetáneo, lo que confiere una mejor forma a sus troncos,
- permite el establecimiento de especies intolerantes a la sombra,
- menores costos de aprovechamiento,
- la corta de grupos de árboles evita mayores daños al bosque remanente y
- es más eficiente, los disturbios son restringidos y existe mejor regeneración.

Entre algunas de las desventajas se pueden citar las siguientes:

- como los árboles crecen en manchas, se pueden generar claros muy grandes, los que pueden afectar a la regeneración deseada,
- los residuos dejados por el corte y descope pueden obstaculizar el desarrollo de la regeneración, además de que la extracción puede compactar el área del claro,
- sin control aumenta la competencia y
- este método es un poco más difícil de planificar.

Tanto el corte de árboles individuales, como la selección en grupos se aplican cuando el sistema de manejo propuesto es policíclico, es decir que sólo se extraerá una parte de las existencias comerciales y partir de un cierto DMC.

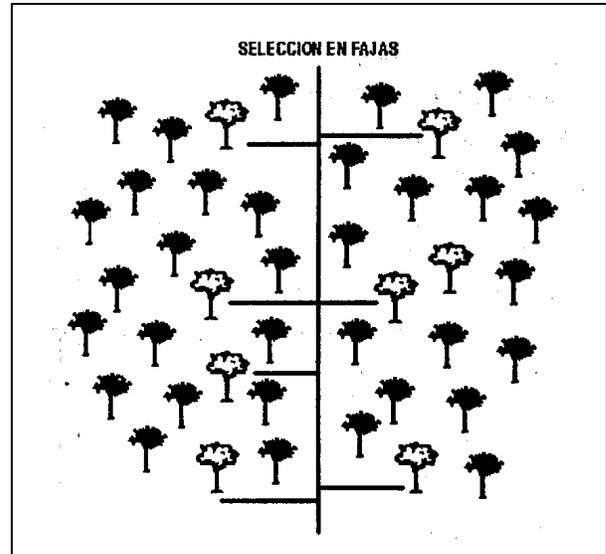


Corte en fajas

El método se puede aplicar mediante una adaptación de corta en fajas largas y angostas, dejando alrededor de éstas fajas de bosque sin intervenir, que actuarán como fuente de semilla, dejando caer las semillas en los claros dejados por la caída de árboles.

Entre las ventajas de este método se puede citar:

- mejor eficiencia,
- crea una mezcla de claros grandes y pequeños y
- deja una parte de bosque sin disturbios.



5

ESTABLECIMIENTO DE LA REGENERACION

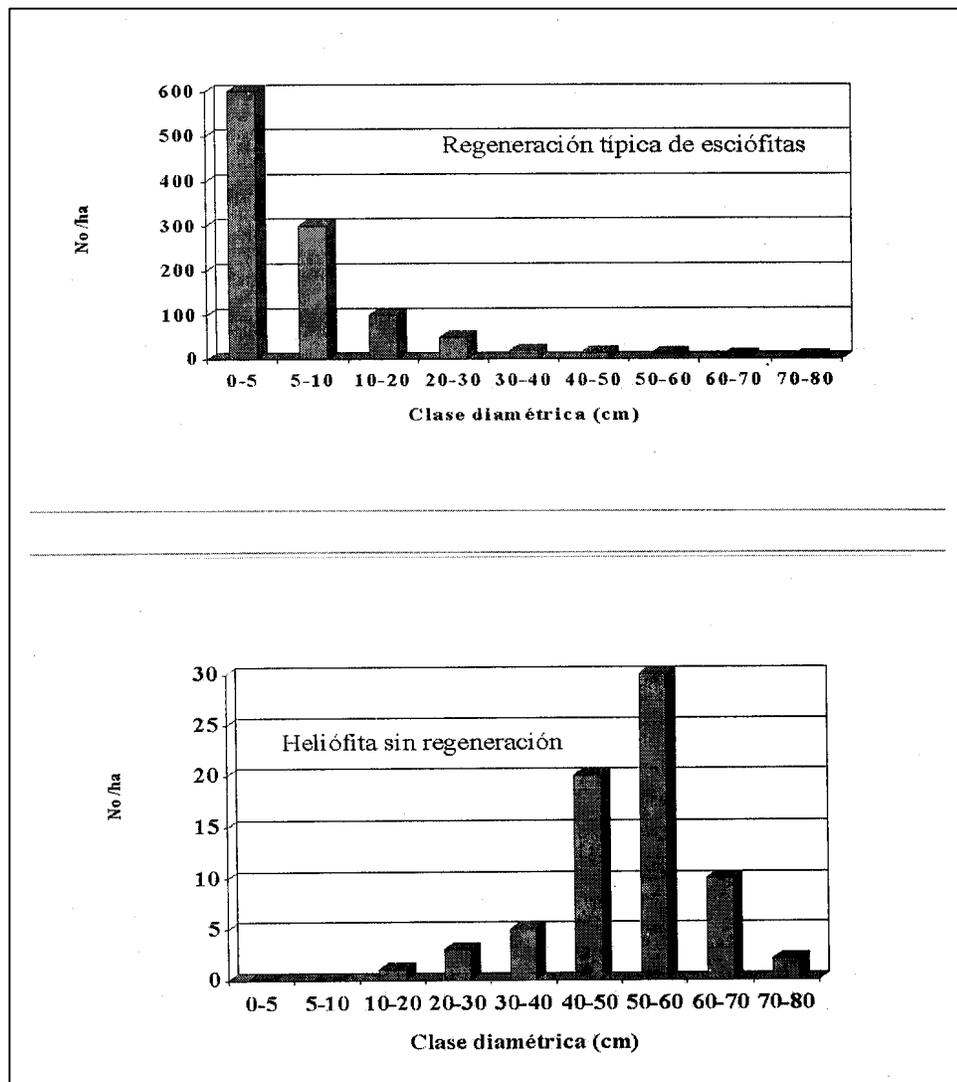
Sin una regeneración adecuada de las especies arbóreas comerciales, es imposible lograr el manejo forestal sostenible. Uno de los mayores problemas del manejo forestal en Bolivia es que se presta muy poca atención a la regeneración. La mayoría de las empresas madereras asume que el respeto de los límites diamétricos y la retención de un 20% de árboles semilleros, según lo especifica la ley, garantizarán una regeneración adecuada. Aunque esta suposición puede ser verdadera para algunas especies, no es cierta para la mayoría de éstas. En un estudio recientemente realizado, se determinó que un 78% de las especies arbóreas comerciales de Bolivia no cuenta con suficiente regeneración como para sustentar futuras cosechas. Existe renuencia para aplicar tratamientos que mejoren la regeneración, debido a que las utilidades de la inversión no se hacen efectivas durante varios ciclos de corta. No obstante, la regeneración debe asumirse como un costo de las operaciones forestales, si se desea que el manejo forestal sea verdaderamente sostenible. En todo caso, será necesario concebir tratamientos que sean en lo posible económicos, pero efectivos para garantizar la regeneración.

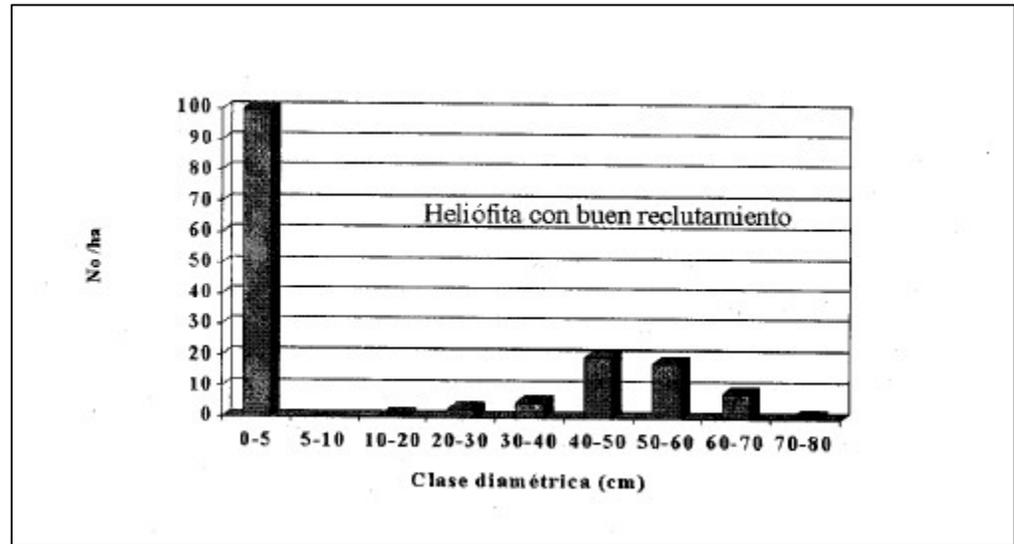
No es fácil determinar cuánta regeneración es “adecuada” especialmente sin contar con datos recolectados sobre ésta (desde plántulas hasta árboles con dap < a 20 cm) durante los censos o inventarios. Los profesionales forestales bolivianos deberían encargarse de recolectar dichos datos y analizarlos para poder diagnosticar el estado de regeneración de los bosques. El número exacto de plántulas y brinzales/latizales necesarios para la buena regeneración de un rodal generalmente depende de las tasas de crecimiento y mortandad de cada especie. No obstante, se pueden hacer algunas generalizaciones. En las esciófitas, la regeneración adecuada se evidencia al observar, en una curva de distribución diamétrica, una progresión en el aumento de densidad con respecto a la disminución del diámetro. En las heliófitas, se puede presentar poca regeneración en las distribuciones diamétricas menores hasta después del aprovechamiento u otros disturbios. Sin embargo, pocos años después del aprovechamiento, se podrá observar un impulso en el reclutamiento de heliófitas en las mencionadas clases de tamaño.

Si no se observan dichas pautas, existen problemas en la regeneración que pueden deberse a varias posibilidades:

- No existen suficientes árboles semilleros o la producción de semillas es deficiente.
- No existen condiciones de sitio apropiadas para la buena germinación de semillas y supervivencia inicial de plántulas.
- Existe buena germinación y supervivencia inicial, pero la vegetación competitiva avasalla a la regeneración causando una elevada mortandad de ésta.

El encargado del manejo forestal debe diagnosticar la situación y tomar medidas correctivas. Las consideraciones en cuanto a la retención de árboles semilleros, y la intensidad y tipo de aprovechamiento son importantes para determinar el éxito de la regeneración. Estos temas se discuten el Capítulo 4. No obstante, existen tratamientos silviculturales adicionales que se pueden aplicar después del aprovechamiento, a fin de aumentar la regeneración. Estos se pueden dividir en dos clases: preparación de sitio y liberación.





PREPARACION DE SITIO

Estos tratamientos se aplican cuando no existe regeneración después del aprovechamiento y no se prevé que ésta ocurra sin una posterior intervención silvicultural. El propósito de la preparación de sitio es desbrozar completamente la vegetación competidora y/o escarificar el suelo en las áreas correspondientes (generalmente claros de aprovechamiento), a fin de brindar condiciones apropiadas para la regeneración. Por lo tanto, la preparación de sitio no se usa cuando existe regeneración avanzada. Si bien el aprovechamiento produce algunas de las condiciones proporcionadas por la preparación de sitio, éste sólo no es suficiente para la regeneración adecuada de ciertas especies. También se pueden producir carencias en la producción de semillas durante el año del aprovechamiento, lo cual requiere que la vegetación competidora sea desbrozada nuevamente, a fin de permitir el establecimiento de nueva regeneración en el curso de un año de producción normal de semilla.

Hay varios métodos de preparación de sitio. En los bosques de Bolivia, donde se efectúa aprovechamiento selectivo, estos tratamientos generalmente se restringen a los claros de corta. No es necesario aplicar tratamientos en todos los claros de aprovechamiento del bosque, debiendo limitarse la aplicación a los que presentan poca o ninguna regeneración avanzada de especies comerciales.

METODOS DE PREPARACION DE SITIO

- **Desbroce Mecánico.** Este tratamiento implica el desbroce de toda la vegetación competitiva presente en el claro, mediante el uso de machetes y motosierras. El tratamiento es relativamente económico (Bs.16 por claro, como promedio, usando una cuadrilla de tres personas, con un tamaño promedio de claros de 280 m²). No obstante, ésta es una operación complicada, especialmente en claros en los que se encuentran restos de copas de árboles cortados. Otro problema del desbroce mecánico es que se cortan muchas plantas leñosas que rebrotan y crecen rápidamente a partir de sus sistemas radiculares intactos. El beneficio de la liberación de vegetación competitiva muchas veces puede ser efímero.



- **Escarificación del Suelo.** Este tratamiento implica la eliminación de la vegetación competidora en los claros de aprovechamiento y la remoción del suelo con la ayuda “skidders” o tractores a oruga. Este tipo de tratamiento es especialmente adecuado para la preparación de sitio para el establecimiento de heliófitas. El tratamiento se puede aplicar con mayor facilidad una vez que se ha extraído la tronca del claro. No obstante, este método implica dos entradas a cada claro. La operación también se puede llevar a cabo antes de extraerse la tronca. El “skidder” entra al claro y, con la pala al ras del suelo, desbroza la vegetación de un lado de la tronca, para luego empujar la copa hacia los bordes del claro (después de que el motosierrista corta el extremo superior de la tronca). Después de apartar la copa, el “skidder” da una vuelta por el otro lado de la tronca y regresa detrás del tocón. Luego, la tronca se puede extraer normalmente. Esta operación generalmente toma sólo de 3 a 5 minutos y mediante ella se logra lo que una cuadrilla de macheteros haría en una hora. Sólo se necesita que el “skidder” desbroce el área central del claro. Si se gasta demasiado tiempo empujando toda la vegetación y los restos de la copa hacia los bordes del claro, se obtendrá poco beneficio por los altos costos de operación de los “skidders”. El paso repetido de la maquinaria también aumenta la compactación del suelo. Asimismo, se debe tener en cuenta que el operador del “skidder” no baje demasiado la pala y remueva grandes volúmenes de tierra, lo cual disminuye la fertilidad del suelo y expone más el subsuelo compactado. La escarificación del suelo funciona mejor cuando se efectúa durante la época seca y en los claros ubicados cerca de árboles semilleros, donde las semillas pueden llegar con mayor facilidad.
- **Fumigación con Herbicidas.** Los herbicidas generalmente brindan un control más efectivo de control que los métodos mecánicos de preparación de sitio puesto que, si se aplican correctamente, matan a toda la planta y eliminan la posibilidad de rebrote. El costo de estos productos varía bastante, pero, cuando se aplican soluciones acuosas



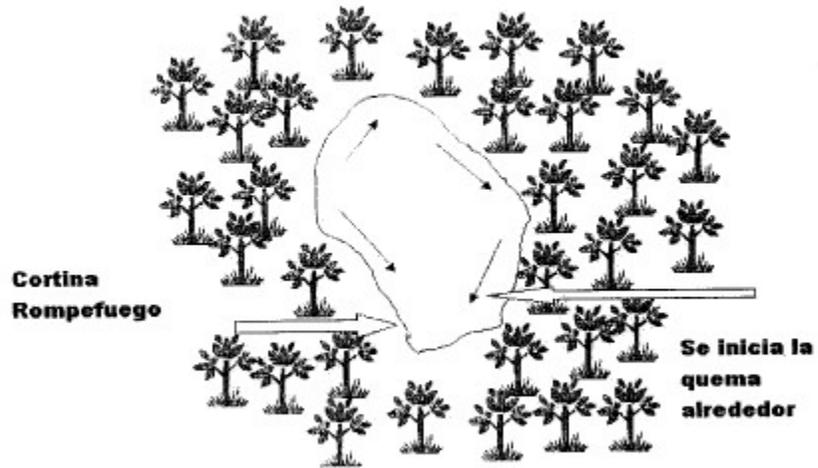
diluidas (2-5%) con fumigadora, los costos no son tan altos. No obstante, existen varias desventajas para el uso de herbicidas. Si bien su nivel de toxicidad no es tan alto como el de los insecticidas, los herbicidas, al igual que todos los productos químicos, deben manejarse con precaución. Las cuadrillas de trabajo deberán recibir adiestramiento sobre modo de aplicación y medidas de seguridad, además es recomendable que la operación forestal haya recibido la certificación antes de permitir el empleo de herbicidas. Se deberán seguir procedimientos básicos de seguridad cuando se utilicen herbicidas. Aparte de los problemas de seguridad, se debe indicar que el equipo para aplicación de herbicidas (mochilas fumigadoras) es pesado e incómodo. Finalmente, la aplicación de herbicidas se deberá realizar en condiciones de poco viento y contando con la certeza de que no lloverá por varias horas después del tratamiento.

Precauciones sobre el uso de herbicidas

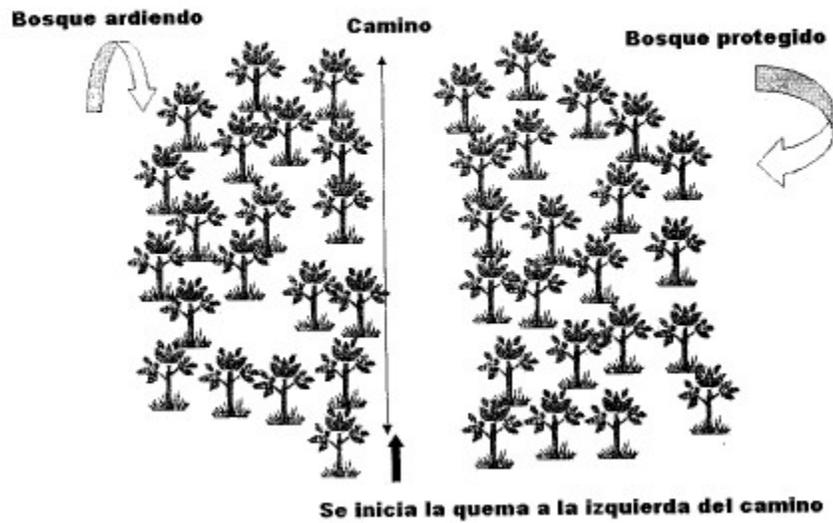
- Mantener un registro de los herbicidas empleados y guardarlos en un lugar bajo llave
- Las personas que apliquen herbicidas deben recibir adiestramiento y usar ropa protectora
- Leer la etiqueta antes de usar los herbicidas
- Evitar derrames y contacto con la piel, especialmente en la forma concentrada
- Lavar los envases vacíos con agua (tres veces) y romperlos antes de desecharlos
- Evitar mezclar dosis mayores a las necesarias y desechar la mezcla no utilizada lejos de fuentes de agua
- Etiquetar claramente todos los envases usando las palabras "herbicida" y "veneno"
- Evitar fumigar durante vientos intensos que pueden llevar el herbicida a sitios no deseados

- **Quemas Controladas.** Los pueblos indígenas han usado la quema controlada durante siglos para eliminar la vegetación competidora y enriquecer el suelo para la agricultura en los bosques tropicales. Esta técnica también se puede emplear para preparar un sitio a fin de mejorar la regeneración natural de árboles. Las quemas son más compatibles con la ecología de regeneración de las especies arbóreas de los bosques secos, las cuales han tenido una relación evolutiva más estrecha con el fuego que las especies de bosques húmedos. La aplicación de esta técnica ha mejorado la regeneración de varias especies de los bosques secos de la Chiquitania, pero sus costos son elevados. Puesto que en los bosques el fuego sólo se propaga durante la época seca, siempre existe el riesgo de perder el control de éste. Por lo tanto, se requieren varias horas de trabajo para construir barreras cortafuego en el perímetro de los claros de aprovechamiento, además de vigilar el fuego hasta que pase el riesgo de pérdida del control. Se debe disponer de agua en el sitio para cualquier emergencia, pero lamentablemente ésta no es fácil de obtener durante la época seca. Se estima que el costo promedio de aplicación de quema controlada es de Bs. 64 por claro. Las técnicas de aplicación de quemas controladas implican la construcción de una barrera cortafuego de 1 m de ancho y encender el fuego en la periferia del claro, de modo que éste se desplace hacia el centro (quema circular). En algunos casos, al encender el fuego cerca del centro del claro se aumenta la convección y, por ende, se facilita el inicio de la quema. No obstante, aún será necesario encender el perímetro para que el fuego aumente su intensidad hacia el centro del claro y no se desplace al bosque adyacente. Idealmente, las quemas se deberán iniciar cuando la vegetación de los claros esté seca, pero el sotobosque adyacente esté húmedo. Generalmente es difícil iniciar el fuego antes de las 10 a.m. debido a la gran condensación de humedad en el follaje y la hojarasca, además de la alta humedad relativa. Una vez que se inician las quemas, éstas deben observarse durante la etapa de alta intensidad de las llamas y deben volver a vigilarse, nuevamente, cuando las llamas se hayan extinguido, para asegurarse de que el fuego no haya saltado de los claros hacia el bosque o que ningún árbol en llamas haya caído y atravesado las barreras cortafuego.

Quema Controlada en Claro de Aprovechamiento



Contrafuego para Controlar Incendios Forestales



LIBERACION DE LA REGENERACION EN CLAROS (TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA)

Cuando existe abundante regeneración avanzada en los claros de aprovechamiento, la preparación del sitio es innecesaria, ya que puede destruir la regeneración ya establecida. En algunos casos, sin embargo, la regeneración es avasallada por la vegetación competidora y puede dejar de crecer o hasta morir si no se aplican tratamientos de liberación. Los tratamientos que liberan a los árboles comerciales de la competencia de especies no comerciales se denominan tratamientos de liberación. Cuando ésta se efectúa para liberar plántulas, brinzales o latizales, el tratamiento se llama “tratamiento de limpieza”. Cabe señalar que no vale la pena hacer limpieza alrededor de brinzales o latizales que no han sido sobrepasados por la vegetación circundante, a menos que existe el peligro de que ésta crezca rápidamente, como en el caso de los bejucos.

La liberación generalmente se efectúa en los claros de corta cuando la eliminación de vegetación competidora permite que las plántulas de árboles crezcan con iluminación plena y se desarrollen rápidamente. Estos tratamientos se podrían aplicar en el sotobosque, pero tendrían muy poco éxito o rentabilidad puesto que el crecimiento posterior de los árboles liberados no sería rápido en las condiciones del sub-dosel.

Se pueden emplear varios métodos para la liberación incluyendo la corta manual de la vegetación con machete, el uso de maquinaria desbrozadora, el fumigado de herbicidas o una combinación de dichos tratamientos. En todos los casos, es importante que los tratamientos no se apliquen demasiado cerca de las plántulas para evitar dañarlas. Es aconsejable explorar los claros antes de aplicar los tratamientos y marcar los árboles que serán liberados. Estas inspecciones deben efectuarse de todas maneras, a fin de determinar la necesidad de aplicar tratamientos de preparación de sitio o de liberación. Las plántulas marcadas se pueden proteger mediante la colocación de un palo delante de éstas, mientras se realiza la corta de la vegetación circundante. Para el fumigado, la colocación de una bolsa plástica o un balde sobre las plántulas las protegerá de las aspersiones. Si se observan gotas de herbicida en las hojas de una plántula perteneciente a una especie comercial, éstas se pueden cortar rápidamente para evitar el paso del herbicida al interior de la planta y, de este modo, salvarla de la muerte. Una vez finalizadas las fumigaciones, las cubiertas protectoras deberán removerse lo antes posible, para evitar el “stress” térmico. La maleza ubicada muy cerca de las plántulas como para cortarse o fumigarse deberá extraerse a mano, particularmente en el caso de bejucos que estén entrelazados con las ramas de la plántula.

Para la aplicación de herbicida se puede usar 2,4-D o Round-Up (Rondopaz). Se pueden preparar soluciones acuosas al 2 a 5% para su uso con mochilas fumigadoras de 10 o 20 litros de capacidad. Si se emplea 2,4-D, se puede añadir un poco de detergente líquido a la mezcla para que ésta se adhiera a las hojas. La mezcla deberá cubrir todo el follaje que se desea rociar, pero no en cantidades excesivas que se escurran por la superficie foliar. La fumigación se efectúa mejor a media mañana, después de que el rocío se ha evaporado de las hojas, pero antes de que aumente el viento y el calor solar. Las plantas absorben mejor el herbicida cuando los estomas están abiertos.



La liberación de plántulas será suficiente para evitar el rápido avasallamiento por parte de la vegetación competitiva. La distancia de desbroce alrededor de las plántulas de árboles comerciales varía según el tipo de bosque y de la vegetación competitiva, pero deberá ser, como mínimo, de 1 m de radio y preferentemente de 2 m. En claros con crecimiento excesivo de bejucos, será necesario emplear un radio más grande de desbroce y también será útil fumigar las marañas de bejucos, aún si éstas se encuentran lejos de la regeneración avanzada, como una medida preventiva contra la recolonización de estas plantas. Se debe evitar fumigar sobre la altura de la cabeza, para evitar el rociado de herbicida a la persona que lo aplica o a las plántulas cercanas. La vegetación alta deberá removerse manualmente.

La liberación de plántulas será suficiente para evitar el rápido avasallamiento por parte de la vegetación competitiva. La distancia de desbroce alrededor de las plántulas de árboles comerciales varía según el tipo de bosque y de la vegetación competitiva, pero deberá ser, como mínimo, de 1 m de radio y preferentemente de 2 m. En claros con crecimiento excesivo de bejucos, será necesario emplear un radio más grande de desbroce y también será útil fumigar las marañas de bejucos, aún si éstas se encuentran lejos de la regeneración avanzada, como una medida preventiva contra la recolonización de estas plantas. Se debe evitar fumigar sobre la altura de la cabeza, para evitar el rociado de herbicida a la persona que lo aplica o a las plántulas cercanas. La vegetación alta deberá removerse manualmente.

En los claros generalmente se encuentran fustales de especies no comerciales, los cuales pueden disminuir el crecimiento de las plántulas, aún si éstas son liberadas de otra vegetación competitiva. Los fustales no se pueden fumigar por su altura y se requiere mucho trabajo para cortarlos con machete. En general, es necesario cortar estos árboles con motosierra. Es preferible cortar los fustales para una rápida liberación de las plántulas, siempre y cuando se pueda efectuar esta operación sin causar daños a las plántulas durante la corta. Los árboles que sean difíciles de cortar o que puedan causar daños al caer sobre las plántulas se pueden anillar, aplicándoles posteriormente herbicida para eliminarlos. El anillamiento consiste en la corta de un canal de 3 cm de profundidad alrededor del tronco del árbol tratado, con el cual

se seccionan la conexión del cambium y el floema entre las raíces y las hojas (en el siguiente capítulo se presenta una discusión más amplia del anillamiento). Inmediatamente después del anillamiento se debe efectuar la aplicación de herbicida con 2,4-D o glifisato. Este procedimiento consiste en rociar una solución acuosa del herbicida al 50% en la superficie cortada del anillado. Es importante que el herbicida se aplique a la superficie fresca antes de que se cierren los tejidos vasculares y del cambium. La aplicación de herbicida es necesaria, puesto que acelera la muerte del árbol tratado. Los árboles anillados sin aplicárseles herbicida pueden demorar varios años en morir y, en muchos casos, sus tejidos pueden cicatrizar sobre el corte de anillamiento, evitando así la muerte.

El tiempo de aplicación de tratamientos de liberación en claros es de suma importancia. Generalmente, es preferible esperar de seis meses a un año después del aprovechamiento, de modo que la regeneración de especies comerciales tenga oportunidad de establecerse en los nuevos claros y la vegetación competidora se haga evidente.

En claros de reciente creación, la regeneración puede ser escasa o nula y habrá poca vegetación competidora que requiera tratamiento. Asimismo, es preferible llevar a cabo los tratamientos de liberación al inicio de la época de lluvias, de manera que las plántulas liberadas puedan aprovechar las ventajas del tratamiento cuando existan buenas condiciones para el crecimiento. Las plántulas liberadas a principios de la época seca pueden entrar en latencia o hasta sufrir mortandad debido a la desecación que se produce por la liberación. Muchas plantas competidoras, especialmente los bejuco, son capaces de crecer durante la época seca y pueden volver a infestar a las plántulas liberadas.

Los costos de los tratamientos de liberación generalmente no son prohibitivos. Un equipo de dos personas puede tratar hasta 15 claros por día, a un costo de Bs. 6.3 a 8.5 por claro en tratamientos manuales y de Bs. 11.0 a 13.8 por claro en tratamientos con herbicidas.

ENRIQUECIMIENTO CON PLANTULAS Y SIEMBRA DIRECTA

En los bosques que han sido descremados debido a prácticas irracionales de extracción, a menudo la regeneración de especies valiosas fracasa, debido a la pérdida de árboles semilleros y a la falta de sitios adecuados para el establecimiento de nuevas plántulas. Una solución corrientemente propuesta para solucionar este problema, es la siembra de semillas o plántulas en líneas o bloques en el bosque. Sin embargo, la mayoría de estas plantaciones han fracasado debido a la falta de control de la maleza después del plantío. Una vez efectuado el plantío, se descuidaban las plantas asumiendo que éstas madurarían sin mayores cuidados adicionales. De hecho, el rápido crecimiento de la maleza en los bosques tropicales generalmente deriva en que las plántulas sean avasalladas por la vegetación competidora en cuestión de pocos meses. Puesto que las plántulas, especialmente las transplantadas, de la

mayoría de los árboles crecen lentamente, será necesario un control de maleza de varios años para garantizar la supervivencia de la mayoría de los árboles plantados. El control de maleza es particularmente importante durante el primer año posterior al plantío, cuando las plántulas son vulnerables a la sequía y la carencia de luz debido a sus reducidos sistemas radiculares y poca capacidad fotosintética. Otro problema del plantío es que éste generalmente se efectúa en lugares inapropiados. Por ejemplo, el plantío de especies intolerantes de la sombra en el sotobosque está condenado al fracaso. La recolección de semillas y la propagación de plántulas en viveros son actividades costosas, especialmente en plantíos extensos. No obstante, si se efectúa esta alta inversión, vale la pena hacer un gasto adicional para crear condiciones adecuadas de sitio y aplicar tratamientos de control de maleza hasta que los plantíos estén debidamente establecidos.

Algunos profesionales forestales prefieren la siembra de semilla al voleo, ya que ésta reduce los gastos de producción en viveros y de plantío. Si la escasez de semilla es el único problema para la regeneración, la siembra al voleo puede ser una solución efectiva. Sin embargo, aún existiría el problema de encontrar fuentes confiables de semilla. Si los árboles semilleros han sido destruidos en los bosques locales, se deberá ubicar semilla proveniente de otros lugares. Dicha semilla podrá o no ser apta para las condiciones locales. Si se encuentra buena semilla, se deberá contar con condiciones apropiadas de micro-sitio para su germinación, crecimiento y establecimiento. Los problemas de regeneración, debido a la deficiencia en las condiciones para el establecimiento de plántulas, no se resolverán con un plantío desorganizado de éstas.

El uso de plántulas, aunque más caro que la siembra directa de semilla, elimina los problemas que implica la germinación y el establecimiento inicial. No obstante, las plántulas son delicadas y deben transplantarse durante períodos de lluvia abundante. El centro y los bordes de los claros de aprovechamiento (dependiendo de la tolerancia a la sombra de las especies) probablemente son las mejores zonas para el enriquecimiento con plántulas. Los caminos forestales, las pistas de arrastre y los patios de acopio abandonados también pueden usarse para este efecto, si bien el crecimiento de las plántulas puede inhibirse por la compactación del suelo. La labranza de estas áreas, mediante arados agrícolas, puede ser una forma de reducir la compactación. En los claros de aprovechamiento, el uso de "skidders" a fin de escarificar superficies para el plantío ayudará al profesional forestal a adelantarse en el control de maleza.

Todo lo señalado en los últimos párrafos está respaldado por la norma técnica 248/98, la cual indica que "en caso de que se quiera realizar alguna actividad silvicultural intensiva se permitirá que hasta un 4% del AAA sea dedicada a sistemas de plantaciones forestales de producción, siempre y cuando el establecimiento de estas plantaciones no implique la tala del bosque". De esta manera, para los casos donde la regeneración natural es pobre en cantidad y calidad, se podrá mejorar el potencial del bosque para las futuras cosechas.

6 **TRATAMIENTO DE RODALES**

Aparte de mejorar la regeneración, los tratamientos silviculturales también se pueden emplear, entre aprovechamientos, para aumentar la tasa de crecimiento de los árboles deseados e incrementar la calidad de los rodales. Dichos tratamientos generalmente se denominan “tratamientos de rodales”. La aplicación de éstos en rodales maduros es, en general, más atractiva desde el punto de vista económico que los que se usan para el aumento de la regeneración, puesto que los costos de tratamiento se pueden recuperar con mayor prontitud. No obstante, en Bolivia, los tratamientos de rodales maduros son poco utilizados, al igual que los tratamientos de regeneración.

El tratamiento de rodales es particularmente importante en bosques que han sido aprovechados de manera selectiva, como los de Bolivia, puesto que dicha extracción tiende a sacar los mejores individuos de las mejores especies, dejando árboles inferiores o de especies de menor calidad. El factor de seguridad (“20% de árboles semilleros”) funciona como una garantía contra la extracción total de todos los individuos bien formados de una especie, pero siempre habrá cierta degradación del bosque al utilizar sistemas de aprovechamiento en los que sólo algunas especies o los individuos más grandes son extraídos. Los rodales aprovechados también son propensos a una mayor invasión de plantas trepadoras, puesto que la apertura del dosel brinda mayor luz y, consecuentemente, una mayor regeneración de éstas. Las operaciones de tratamiento de rodales pueden corregir los desequilibrios causados por la corta selectiva y las invasiones post aprovechamiento de plantas trepadoras.

Las operaciones de tratamiento de rodales en bosques tropicales manejados incluyen:

- Liberación
- Refinamiento (mejoramiento)
- Rescate
- Preparación para el aprovechamiento

Otro tipo de operaciones de tratamiento de rodales, como raleo, saneamiento y poda, se reservan mayormente para plantaciones de gran valor y no se discuten en el presente trabajo.

LIBERACION

Los tratamientos de liberación en rodales maduros tienen como fin liberar los árboles de futura cosecha (fustales o de mayor tamaño) de plantas trepadoras y árboles no comerciales competidores. Los tratamientos de liberación permiten que los árboles comerciales crezcan con mayor rapidez, acortando así el período necesario para alcanzar diámetros apropiados para la corta. Estos tratamientos también ayudan a mitigar el desequilibrio causado por el aumento de especies arbóreas no comerciales debido al aprovechamiento selectivo.

Los tratamientos de liberación se pueden aplicar mediante la corta de árboles competidores o el anillamiento de los mismos. La corta directa produce la liberación instantánea de los árboles de futura cosecha. Sin embargo, puesto que la vegetación competidora generalmente supera en altura a los árboles de futura cosecha o crece junto a esto, la corta directa de los competidores puede causar daños a los árboles liberados. Asimismo, los cambios drásticos de las condiciones ambientales, como resultado de la corta, pueden causar un choque fisiológico a los árboles liberados. La mayoría de los tratamientos de liberación incluyen el anillamiento. Esta técnica causa la muerte gradual de los árboles competidores, generalmente con un daño mínimo a los árboles adyacentes. Cuando los árboles anillados mueren, sus ramas se pudren y caen durante un período prolongado de tiempo y su fuste se puede mantener en pie por varios años. La disminución gradual de la cobertura de hojas y ramas de los competidores anillados también brinda un período de transición, en el cual los árboles de futura cosecha se pueden ajustar al aumento de luz.

El anillamiento tiene como fin interrumpir el transporte de los productos de la fotosíntesis hacia la raíz de los árboles, causando así su muerte por inanición. No obstante, muchos árboles tienen la capacidad de producir nuevos tejidos meristemáticos sobre el corte de anillamiento, lo que permite la reanudación del transporte de carbohidratos a las raíces. Es sorprendente como una o dos angostas conexiones de estos tejidos pueden mantener vivo por varios años a un árbol anillado, con lo que se reduce la efectividad de los tratamientos de liberación. En experimentos efectuados en dos bosques de Bolivia, se observó que el anillamiento, sin aplicación de herbicida, después de un año sólo causó la muerte de 10 a 12% de los árboles tratados. Por lo tanto, es recomendable que el anillamiento sea seguido por la aplicación de herbicida, a fin de aumentar la efectividad del tratamiento. Los herbicidas se pueden aplicar fácilmente mediante un rociador o una mochila fumigadora debidamente regulada para emitir un chorro abundante de líquido.

EFICACIA DE TRATAMIENTOS DE ANILLAMIENTO POR PORCENTAJE DE ARBOLES EN CLASES DE PORCENTAJE DE MORTANDAD DE COPA, 13 MESES DESPUES DE APLICARSE EN UN BOSQUE HUMEDO Y UN BOSQUE SECO TROPICAL DE BOLIVIA.

BOSQUE HÚMEDO				
Tratamiento (tamaño de la muestra)	Número de árboles y porcentaje en cada una de cuatro clases de mortandad de la copa			
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Sólo anillado (n = 70)	42 (60%)	17 (24%)	5 (7%)	6 (9%)
Anillado + 2,4-D (n = 33)	1 (3%)	1 (3%)	7 (21%)	24 (73%)
Anillado + glifisato (n = 30)	4 (13%)	4 (13%)	9 (30%)	13 (43%)

BOSQUE SECO				
Tratamiento (tamaño de la muestra)	Número de árboles y porcentaje en cada una de cuatro clases de mortandad de la copa			
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Sólo anillado (n = 58)	40 (69%)	5 (9%)	6 (10%)	7 (12%)
Anillado + 2,4-D (n = 31)	4 (13%)	4 (13%)	2 (6%)	21 (68%)
Anillado + glifisato (n = 29)	9 (31%)	5 (17%)	3 (10%)	12 (41%)

El anillamiento se puede lograr mediante varios métodos que incluyen el uso de motosierras, hachas, azuelas y anillos especiales para inyección de herbicida. Los anillos consisten en fajas completas cortadas alrededor del tronco o en varios cortes seccionales en el fuste, en los cuales se inyecta herbicida. La selección del equipo para el anillamiento depende de la disponibilidad de materiales y las restricciones de tiempo para realizar el tratamiento. Algunos profesionales forestales prefieren el uso de hachas o azuelas que son baratas y portátiles. Estas herramientas también permiten aumentar el ancho de los anillos. El corte de fajas más anchas

aumenta el tiempo de cicatrización del tejido sobre los anillos, además de ser importante cuando no se aplica herbicida como parte del tratamiento. El problema del uso de herramientas manuales es que el anillamiento es trabajoso y se puede requerir hasta una hora para anillar un solo árbol grande. Asimismo, la cicatrización puede ser muy rápida y el tejido se puede reconectar aún a través de anillos de 20 cm de ancho. Las motosierras sólo permiten efectuar cortes angostos, pero se pueden anillar árboles de gran tamaño en pocos minutos. Además, la facilidad de penetración de la motosierra permite que los operadores anillen por completo los árboles con aletones. Este tipo de corte es difícil de efectuar con hachas o azuelas, puesto que éstas no llegan hasta los rincones más profundos de los aletones. En los experimentos de anillamiento, un alto porcentaje de los árboles tratados muere un año después de aplicarse anillamiento con herbicida. No obstante, aún con la aplicación de herbicidas, algunos árboles no mueren fácilmente al ser anillados. Muchas especies que exudan látex a través de las heridas expelen el herbicida de los cortes de anillamiento. Es posible aumentar la eficacia del tratamiento si se efectúa el doble anillamiento de dichos árboles, separándose los cortes entre 10 y 30 cm. Sin embargo, cabe señalar que estos tratamientos requieren mayores ensayos.

Existe una variedad de instrumentos para la inyección de herbicida al fuste. Por ejemplo, hay hachas que cuentan con ranuras especiales y un tubo donde se carga herbicida, el cual se aplica al hacer el corte de anillamiento. Otro aparato para este fin consiste en un tubo metálico que se llena con herbicida en solución. Un extremo del tubo cuenta con un filo que se puede insertar en la base de los troncos de los árboles. Al entrar en contacto con el tronco, el herbicida se aplica mediante el tubo. Estos aparatos facilitan la aplicación de herbicida y son efectivos para eliminar árboles no comerciales; sin embargo, en general, su costo es alto y no se pueden conseguir fácilmente en el país.



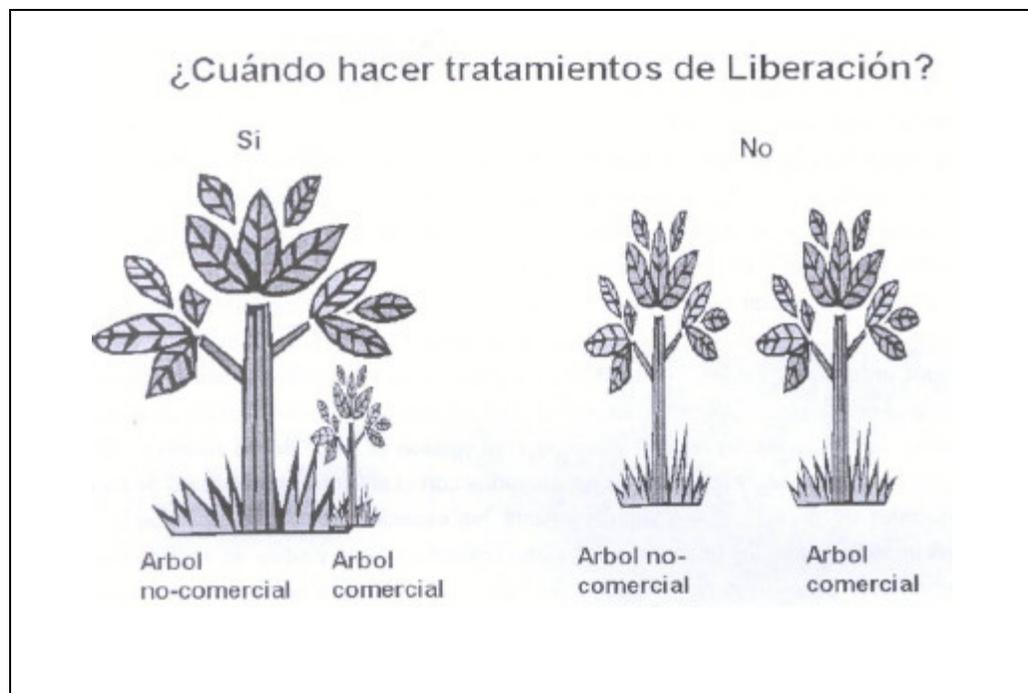
La selección de herbicidas y las concentraciones a usarse son otros aspectos que se deben considerar para la aplicación de tratamientos de liberación. Muchos herbicidas se usan junto con tratamientos de anillamiento. Uno de los más efectivos es el triclopyr (que se comercializa como Garlon). Este producto viene en forma soluble en agua (3A) y en aceite (4E).

La forma soluble en agua tiene la ventaja de que penetra la corteza y se puede aplicar alrededor de troncos de corteza delgada sin necesidad de anillamiento, para eliminar los fustes no comerciales. No obstante, Garlon es un producto caro y su obtención no es fácil en Bolivia. Los herbicidas más baratos y de mayor disponibilidad en el país son: 2,4-D (que se comercializa con diferentes nombres) y glifisato (que generalmente se vende como "Rondopaz"). Ambos herbicidas son solubles en agua y actualmente cuestan alrededor de \$5 a 10 por litro, respectivamente. La concentración necesaria para la aplicación varía bastante y fluctúa entre soluciones de 10 al 100%. En bosques secos y húmedos se han aplicado, con éxito, soluciones al 50%. Asimismo, se ha observado la efectividad de soluciones al 25% en árboles de madera blanda de bosques muy húmedos. Es probable que la concentración varíe según la especie. Algunas especies difíciles de eliminar con soluciones al 25 a 50% se pueden controlar efectivamente si se usan concentraciones mayores. Será necesario llevar a cabo mayores ensayos para determinar las concentraciones más económicas y efectivas. Puesto que las soluciones utilizadas en tratamientos de liberación tienen mayor concentración que las que se usan para la fumigación en claros, se requerirán mayores cuidados y medidas de precaución para la mezcla y aplicación de herbicidas en dichos tratamientos.

No es fácil decidir cuánto anillar cuando se liberan árboles de futura cosecha. Si se anillan muy pocos árboles, los tratamientos no serán efectivos. No obstante, si se anillan demasiados árboles, los costos aumentan y los árboles liberados pueden recibir demasiada luz lateral, lo que causa una ramificación excesiva. Los árboles de futura cosecha que reciben demasiada luz lateral alcanzan menor altura, lo cual reduce el valor de su madera. También existen riesgos ecológicos y económicos relacionados con el anillamiento excesivo de especies no comerciales. Si bien no tienen valor mercantil, las especies no comerciales pueden tener funciones importantes en los bosques, tales como brindar alimento y sitios de anidación para la fauna, relaciones simbióticas con especies animales y vegetales, y protección del suelo. Asimismo, nunca existe plena certeza de que las especies no comerciales adquieran valor en el futuro para otros productos forestales. La eliminación excesiva de cualquier especie del bosque puede lamentarse a la larga, si en el futuro surgen mercados para su comercialización.

Se han elaborado ciertas directrices cuantitativas para decidir qué árboles eliminar en los tratamientos de liberación; sin embargo, el sentido común del profesional forestal es la mejor herramienta para la ejecución de estos tratamientos. Los árboles no comerciales que superan en altura a los comerciales y proyectan sombra sobre éstos son un objetivo obvio para la eliminación. Los árboles que circunden, pero no proyecten sombra sobre los árboles de futura cosecha se deberán respetar, a fin de que estimulen el crecimiento vertical de las especies comerciales. Es mejor eliminar las especies arbóreas no comerciales que son muy abundantes y que tienen deformaciones evidentes que restarían valor a su madera, al margen de la posibilidad de que, en el futuro, surjan mercados para éstas. Es preferible no anillar fustes de

excelente forma (altos y rectos), sin importar cuál sea la especie. No es aconsejable anillar especies muy raras (con densidades menores a 0.1 individuos por hectárea). Dicho tratamiento puede causar la eliminación de la especie en el lugar, con la consecuente pérdida de biodiversidad y otras consecuencias ecológicas desconocidas. La fauna también se deberá tomar en cuenta en la aplicación de tratamientos de liberación. Los árboles con sitios obvios de anidación de animales no deben ser anillados. Asimismo, las especies conocidas como recursos alimenticios claves para la fauna, como los bibosis (*Ficus* spp.), no deberán eliminarse.



En general, se necesitan ciertos elementos de juicio para decidir qué árboles de futura cosecha se deben liberar. Los profesionales forestales deberán considerar la forma del fuste y el vigor de dichos árboles. Por ejemplo, no tendrá sentido alguno liberar un árbol de una especie valiosa si su fuste está mal formado. Aun si el fuste es de buena calidad, un árbol con la copa en mal estado no obtendrá ningún provecho con el tratamiento de liberación. A menudo, los árboles de futura cosecha compiten entre sí. Es preferible anillar un árbol comercial de poco valor en lugar de uno de muy alto valor potencial. Sin embargo, las decisiones en este sentido pueden ser difíciles. Por ejemplo, ¿será mejor anillar un árbol bien formado de una especie de poco valor para liberar un fuste mal formado de una especie de gran valor? La respuesta a esto

depende de la índole de la especie, el tipo de deformidad del fuste, el tamaño y vigor relativo de los árboles en cuestión, y las condiciones locales y potenciales del mercado. Los profesionales forestales deben tomar estas decisiones caso por caso; una guía general, elaborada en un país lejano, no puede substituir el conocimiento local.

Normas para el Mejoramiento de Rodales

- ▶ Eliminar árboles no-comerciales en la misma cantidad que el aprovechamiento de especies comerciales
- ▶ No eliminar:
 - *Arboles comerciales sanos*
 - *Arboles con nidos o madrigueras en uso*
 - *Arboles frutales claves para la vida silvestre: bibosí, pitón, paquió, palmeras*
 - *Especies muy raras*
- ▶ Eliminar cada especie no comercial en proporción a su abundancia
- ▶ Eliminar algunos individuos de especies comerciales si no se extrajeron grandes volúmenes de éstas en el aprovechamiento y si los árboles están huecos o malformados
- ▶ Es preferible eliminar:
 - *De manera dispersa por todo el bloque*
 - *En proporción a la abundancia local de árboles*
 - *Arboles no-comerciales que obstruyan a los árboles comerciales*
 - *Preferentemente, liberar especies comerciales valiosas con problemas de regeneración, como cedro, roble, tajibo, morado*

Posiblemente, la época de aplicación de tratamientos de liberación no tiene gran importancia, excepto que es menos costoso incorporarlos a otras actividades como los censos o el aprovechamiento.

CORTA DE PLANTAS TREPADORAS

En muchos bosques de Bolivia, las plantas trepadoras impiden más el crecimiento de los árboles de futura cosecha que los árboles adyacentes de especies no comerciales. Las plantas trepadoras generalmente están más entrelazadas con el follaje de los árboles de futura cosecha y, en algunos casos, cubren completamente las copas de éstos, impidiendo la fotosíntesis y causando la muerte del árbol. Algunas especies de plantas trepadoras envuelven a los fustes de los árboles, desfigurándolos y quitándoles su valor maderable. Por consiguiente, para la liberación de árboles de futura cosecha, siempre se deberá proceder a la corta de plantas trepadoras, al margen de la aplicación de procedimientos para la eliminación de árboles no comerciales. No tiene sentido alguno liberar a los árboles de la competencia de árboles no comerciales, si se deja que las plantas trepadoras continúen o aumenten su nivel de infestación de los árboles de futura cosecha. Del mismo modo, no sería muy efectivo anillar los árboles no comerciales y dejar las plantas trepadoras sin cortar. Si bien los árboles anillados morirán, las plantas trepadoras seguirán prosperando en las copas de los árboles muertos y proyectando sombra sobre los árboles de futura cosecha. Por lo tanto, será necesario aplicar la corta de plantas trepadoras tanto en árboles liberados como anillados, a fin de lograr una liberación efectiva.

Cuando se procede a la corta de plantas trepadoras, existe la tendencia a cortar sólo aquellas más conspicuas o las que se encuentran más cerca al árbol a ser liberado. Si bien los tallos de la mayoría de las trepadoras se originan directamente debajo de la copa del árbol hospedero, en ciertas ocasiones estas plantas provienen de la copa de otros árboles cercanos y, a menudo, sus tallos no se generan cerca del fuste. Por esta razón, las cuadrillas de trabajo deberán inspeccionar el área, a fin de determinar el origen de las plantas trepadoras y lograr la liberación efectiva de estas plantas.

No es necesario cortar los bejucos en más de una parte. En general, un solo corte a la altura del pecho es suficiente para combatir estas plantas, ya que la parte inferior cae al suelo. Las plantas trepadoras no deben cortarse cerca al suelo, puesto que pueden brindar un punto de origen para enraizarse y volver a infestar el dosel, además que los cortes bajos hacen difícil determinar qué bejucos ya han sido cortados.

MEJORAMIENTO (REFINAMIENTO)

El mejoramiento no está enfocado en la liberación de árboles de futura cosecha, sino en la eliminación de árboles defectuosos de especies no comerciales, que ocupan espacio que podría ser utilizado por la regeneración de las especies comerciales. Sin embargo, este tratamiento se puede usar junto con tratamientos de liberación. Las mismas técnicas de anillamiento empleadas en la liberación, se pueden aplicar para el mejoramiento. Si bien éste puede constituir un tratamiento efectivo en los bosques bolivianos en los que el descreme ha reducido la calidad de los rodales forestales, no tiene impacto inmediato en el crecimiento de los árboles de futura cosecha y, por ende, no produce los mismos beneficios económicos directos que los tratamientos de liberación. Los árboles destinados al anillamiento, en los tratamientos de mejoramiento, son los ejemplares de gran tamaño de especies no comerciales, cuyas copas son muy ramificadas y cuyos fustes son defectuosos. Estos árboles ocupan una gran superficie de crecimiento en el rodal y, generalmente, están infestados por bejucos.

RESCATE

El rescate implica la extracción de troncas inmediatamente después de ocurrir eventos destructivos, tales como incendios y caída por viento. El tratamiento en realidad no es más que el simple aprovechamiento, pero con el propósito de extraer la madera que, de otro modo, se perdería por la descomposición de los fustes caídos o dañados. Después de producirse incendios o tormentas, los profesionales forestales deberán inspeccionar los rodales para determinar si existe necesidad de aplicar tratamientos de rescate. Los fustes dañados o caídos se pueden contar mediante transectas y, de acuerdo al conteo, proceder al rescate. Si se observa un número elevado de árboles caídos o dañados en el rodal, éstos se deben extraer lo antes posible (posteriormente al evento que causó los daños). Si el aprovechamiento no se efectúa rápidamente, las infecciones micóticas y los insectos xilófagos pueden destruir la madera de los fustes dañados o caídos. Se deberán solicitar excepciones a los límites diámetros para el aprovechamiento en rodales afectados, puesto que aunque los fustes dañados tengan diámetros menores al límite, morirán o perderán su valor comercial por el ataque de hongos e insectos.

PREPARACION PARA EL APROVECHAMIENTO

Durante la realización de los censos forestales, se pueden cortar las plantas trepadoras que infestan los árboles que serán aprovechados, a fin de reducir los daños que las conexiones de estas plantas con otros árboles producen durante las operaciones de corta. Los bejucos no sólo pueden quebrar parte de las copas de los árboles adyacentes, sino también pueden derribar árboles enteros. Asimismo, los bejucos entrelazados en varios árboles constituyen un peligro para las cuadrillas de aprovechamiento, ya que pueden arrojar pedazos de ramas y dejarlos caer en un radio bastante amplio. Es de particular importancia que todos los bejucos grandes (mayores a 5 cm de diámetro) sean cortados, puesto que éstos tienen mayor capacidad para desgajar parte de las copas de los árboles adyacentes. La corta de bejucos previa al aprovechamiento se puede efectuar, con mayor conveniencia, durante los censos.



7 CONCLUSIONES

La silvicultura aplicada en bosques naturales no tiene por qué ser costosa o complicada, pero puede marcar la diferencia entre la extracción no sostenible de madera y el manejo forestal sostenible. En Bolivia, se debe prestar particular atención a la regeneración posterior al aprovechamiento y evitar la degradación del bosque como consecuencia de la corta selectiva.

Las medidas silviculturales no deben formularse y aplicarse, para luego ser olvidadas. Las inspecciones y la vigilancia de los resultados y los costos son esenciales para verificar la idoneidad de los métodos silviculturales. Normalmente, es necesario realizar ajustes en los métodos, sobre la base de los resultados del monitoreo. Cada bosque es diferente, al igual que los objetivos de manejo de los dueños o concesionarios del mismo.

El presente libro pretende proporcionar una base para analizar los problemas de manejo que pueden ser encarados mediante la silvicultura, además de presentar posibles alternativas para la regeneración y los tratamientos de rodales, si bien debe recalcarse que no constituye una receta para aplicarse ciegamente. Los profesionales forestales bolivianos deben ser adaptables y mantenerse al tanto de los problemas silviculturales específicos de los bosques donde trabajan y de los requerimientos ecológicos de las especies arbóreas que manejan. En este sentido, cabe señalar que los tratamientos silviculturales más efectivos y económicos son elaborados por profesionales forestales locales, quienes cuentan con un buen conocimiento de sus bosques.

ANEXO 1: ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL

En la interpretación de los resultados del inventario se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ? Análisis estadístico. Por lo menos, se debe contar con los siguientes datos estadísticos: media, error de muestreo, porcentaje del error de muestreo y límites de confianza. Estos detalles son importantes porque, en muchos casos, es mejor emplear el límite inferior de confianza que la media.
- ? Análisis de los estratos. Si no se definieron estratos no se realizará ningún análisis, pero si éstos se establecieron, se pueden emplear índices de similitud, como el de Sorensen, para conocer la composición florística de cada estrato. Con ello se podrán definir los tratamientos más adecuados.
- ? Agrupamiento de especies. Este aspecto consiste en agrupar las especies de acuerdo al valor comercial actual. Siguiendo la recomendación de la normativa, las especies se puede agrupar en muy valiosas, valiosas, poco valiosas, sin valor comercial actual y especies no maderables con valor conocido. Generalmente, las especies de poco y ningún valor serán las más abundantes. Si en el plan de manejo se presenta tal situación, esto significa que se tiene que hacer mayores esfuerzos para la promoción de estas especies, como estudios físico-mecánicos, preparación de muestras, etc.
- ? Nombres comunes y nombres científicos. Se debe asegurar que las especies propuestas en el plan de manejo lleven el nombre correcto, especialmente si se tiene como objetivo abastecer a mercados internacionales. En caso de dudas sobre la nomenclatura, es recomendable contactarse con los herbarios forestales para aclarar cualquier interrogante.
- ? Abundancia, área basal y volumen. La abundancia se refiere al número de árboles por hectárea u otra unidad de superficie. El área basal es la sección transversal que ocupa cada tronco en el bosque y está relacionada con los niveles de competencia entre especies y dentro de la misma especie. En muchos casos, es



recomendable emplear este parámetro como herramienta de manejo. El volumen resulta de la relación entre el área basal y la altura (comercial o total) del árbol. Por lo tanto, este dato está sujeto a mayor error puesto que la altura se estima en los inventarios.

- ? Clases de calidad de fuste. Las clases de fuste se refieren al grado de inclinación que éstos tienen con respecto a un eje vertical, así como a los grados de deformación que presentan. Sobre esta base, los fustes pueden variar entre la clase 1 (rectos y sin deformaciones) y la clase 3 (retorcidos, muy inclinados, enfermos, etc.). Este dato es importante, ya que si en un bosque existe abundancia de fustes de la clase 3 y se prevé extraer fustes de las clases 1 y 2, entonces se dejarían sólo árboles mal formados para las futuras cosechas.
- ? Especies clave para la fauna. Como lo indica la norma, son especies con abundancias menores a 0.25 arb./ha a partir de 20 cm de dap (es decir hay 1 árbol, a partir de dicho dap, por cada 4 ha) o son especies como el bibosi que es fuente de semillas para la fauna o son refugios o madrigueras para los animales.
- ? Gremios ecológicos. El gremio se refiere al grado de tolerancia a la sombra de las especies. Mediante esta clasificación, las especies se dividen en tolerantes o esciófitas, e intolerantes o heliófitas. El conocimiento del gremio es importante puesto que, con el aprovechamiento, se puede beneficiar a un grupo o a ambos, es decir que si se abren grandes claros en el bosque, se estará estimulando la regeneración de especies intolerantes y lo contrario sucedería en claros pequeños donde se estimulará al otro grupo. Para fines de comparación de las tasas de crecimiento, también es recomendable agruparlas las especies por gremio.

ANEXO 2: METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL TIEMPO DE PASO

Cuando se prepara un documento de Plan General de Manejo Forestal, surge la pregunta: ¿cómo determinar el CICLO DE CORTA? (inciso II.7.3 de la norma 62/97), entendiendo como ciclo de corta al tiempo de espera entre dos aprovechamientos realizados en el mismo compartimiento o Area de Aprovechamiento Anual (AAA). La misma norma indica que debido a la falta de información proveniente de las Parcelas Permanentes de Medición (PPM) se puede emplear un ciclo de corta mínimo de 20 años, pero una vez que se tengan por lo menos dos mediciones o evaluaciones de PPM, se debe revisar el ciclo recomendado.

Como ya se destacó, para determinar la tasa de crecimiento de una especie o un grupo de especies se deben tener por lo menos dos mediciones. Una de las técnicas más utilizadas en los bosques no coetáneos es el Tiempo de Paso, que se define como el tiempo necesario para que un individuo o un árbol pase del límite inferior de una clase, al límite superior de la misma clase, o el tiempo necesario para pasar de una clase a las clases superiores, por ejemplo, cuántos años tardará un árbol que tiene 20 cm en alcanzar los 30 cm.

Antes de describir el método, definamos algunos términos que nos ayudarán a comprenderlo mejor:

- ? Crecimiento = es el cambio de dimensiones de un organismo en el tiempo
- ? Incremento = es la magnitud del crecimiento, matemáticamente puede definirse como la diferencia de mediciones de alguna variable dasométrica, por ejemplo el diámetro a la altura del pecho (dap), y puede expresarse como $dap_2 - dap_1$, donde dap_2 es la segunda evaluación del diámetro y dap_1 la primera evaluación de la misma variable y del mismo individuo. Existen dos tipos de incrementos, a saber:

Incremento Corriente Anual (ICA): es el cambio de crecimiento en un cambio de tiempo y puede expresarse de la siguiente manera:

$$\frac{\text{incremento}}{\text{diferencia de tiempo}}$$

Anexo 2: Metodología para la determinación del tiempo de paso



Incremento medio anual (IMA): es el crecimiento acumulado relacionado con la edad.

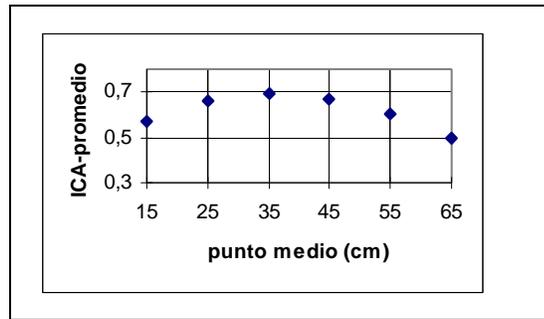
Antes de definir el método, supuestamente se tienen por lo menos dos evaluaciones de parcelas permanentes, es decir contamos con un dap1 y un dap2 del mismo árbol, a la misma altura del tronco y medidos en las mismas unidades, es decir en centímetros o metros. Los pasos son¹:

- ? En una hoja cuadriculada o en una hoja electrónica, crear varias columnas. En la primera colocar el valor del dap1 y en la segunda el valor del dap2.
- ? Determinar el incremento, es decir la diferencia entre el dap2 y el dap1, y colocarlo en la tercera columna. Si se encuentran valores negativos o incrementos muy altos (por ej. ≥ 5 cm) desecharlos.
- ? Luego determinar el ICA, dividiendo el incremento entre el tiempo que transcurrió entre la primera y segunda evaluaciones, es decir si la primera evaluación fue hecha en mayo 96, y la segunda en mayo 98, entonces la diferencia es de dos años. No siempre esta evaluación es realizada el mismo día o mes, en ese caso, si la primera medida se hizo en mayo 96 y la segunda en agosto 98, la diferencia será de 2,16 años puesto que desde la primera medición a la segunda pasaron 26 meses y como el año tiene 12 meses entonces tendremos los 2,16 años.
- ? Luego los valores pueden ser organizados de la siguiente manera:

Clases (cm)	Punto Medio	Frecuencia	ICA/Promedio
10-20	15	59	0.57
20-30	25	68	0.66
30-40	35	56	0.69
40-50	45	52	0.67
50-60	55	28	0.60
60-70	65	4	0.50

¹Adaptado de Del Valle (1979). Curva Preliminar de Crecimiento del Cativo (*Priorio copaífera*) en Bosque Virgen, empleando el Método de los Tiempos de Paso. Revista Facultad Nacional de Agronomía La Molina, Perú 32(2): 19-26

- ? Con los valores del punto medio y el ICA-promedio, dibujar un eje de coordenadas, colocando los valores del punto medio en X y en el eje Y los valores del ICA, como podemos ver en la gráfica:



- ? En la gráfica anterior se dibuja a mano alzada la curva que mejor ajusta la malla de puntos, es decir una curva donde la distancia de los puntos a la curva sea mínima, esta curva genera lo que llamamos ICA-ajustado. Con esta curva se pueden generar nuevos puntos o pueden ser los mismos, si consideramos que los mismos puntos mostrados en la gráfica anterior son los que mejor ajustan la curva, se generan nuevas columnas que son agregadas al anterior cuadro:

Clases (cm)	Punto medio	Frecuencia	ICA promedio	ICA ajustado	Tiempo de paso (años)	Edad al límite superior (años)
10-20	15	59	0.57	0.57	17.5	17.5
20-30	25	68	0.66	0.66	15.1	32.6
30-40	35	56	0.69	0.69	14.5	47.1
40-50	45	52	0.67	0.67	14.9	62.0
50-60	55	28	0.60	0.60	16.7	78.7
60-70	65	4	0.50	0.50	20.0	98.7

Anexo 2: Metodología para la determinación del tiempo de paso



- ? Con el ICA-ajustado (columna 5 del cuadro anterior) se determina el tiempo de paso (columna 6) que resulta de dividir el ancho de la clase (10 cm en este caso) entre el ICA-ajustado. Los resultados se interpretan de la siguiente manera: por ejemplo la 2da fila, indica que un árbol que tiene 20 cm necesita 15.1 años para alcanzar los 30 cm. La última columna es la suma acumulada de los tiempos de paso; sus valores indican el tiempo que necesita un árbol de 10 cm para alcanzar un diámetro mayor cualquiera, por ejemplo, si deseamos saber cuánto se debe esperar para que un árbol logre los 50 cm, nos remitimos a la fila 4ta y ésta nos indica que son 62 años.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Augspurger, C.K. 1986. Morphology and dispersal potential of wind-dispersed diaspores of neotropical trees. *American Journal of Botany* 73:353-363.
- Daniel, P.W., Helms, U.E., Baker, F.S., 1982. *Principios de Silvicultura*. McGraw-Hill. México.
- Fredericksen, T.S. and B. Mostacedo. 2000. *Diagnósticos rápidos de la regeneración forestal*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Justiniano, J. 1998. Comportamiento fenológico de especies maderables en un bosque semi-deciduo pluviestacional de Santa Cruz, Bolivia. *Ecología y Conservación en Bolivia*. 4:99-105.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Cooperación Técnica de la Republica Federal de Alemania.
- Louman, B. 1998. *Manejo de Bosques Naturales*. Curso de Maestría, Escuela de postgrado, CATIE.
- Martins, P. 1996. Informe final del consultor en Silvicultura preparado para el proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, 1997. *Ley Forestal*. BOLFOR (Ed.). Santa Cruz, Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio ambiente, 1997. *Reglamento de la Ley Forestal*. BOLFOR (Ed.). Santa Cruz, Bolivia.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, 1998. *Normas Técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (Inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas*. Resolución Ministerial No 248/98. BOLFOR (Ed.). Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B. y T.S. Fredericksen. (Eds.) 2001. *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.